

DER PHYSIK UND CHEMIE.  
BAND XXXIX.

---

I. *Ueber die Polarisation der Wärme;*  
*von Hrn. Melloni<sup>1)</sup>.*

---

Vor etwa 25 Jahren gab Bérard in Montpellier an, die Wärme sey der Doppelbrechung und der Polarisation fähig<sup>2)</sup>. Seine, in Gegenwart von Berthollet und Dulong wiederholten Versuche wurden von allen Physikern anerkannt, bis gegen das Jahr 1829, wo Hr. Powell einige Zweifel gegen die Richtigkeit der aus ihnen gezogenen Folgerungen erhob, und einige fruchtbare Versuche derselben Gattung, angestellt mit einem ähnlichen Apparat wie Bérard sich zur Polarisation der Wärme durch Reflexion bedient hatte, bekannt machte<sup>3)</sup>). Im Jahre 1834 fand ich, dass die Wärmestrahlen beim Durchgange durch Turmalinplatten, welche das Licht vollständig polarisirten, keine Anzeichen von Polarisation darboten<sup>4)</sup>). Nobili, dessen frühzeitigen Tod die Wissenschaft noch tief betrauert<sup>5)</sup>), gelangte einige Zeit hernach zu demselben Resultat; er versuchte überdiess die Wärme durch Reflexion zu polarisiren, allein ohne ein

1) Mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.

2) *Mémoires de physique et de chimie de la Société d'Arcueil*, T. III p. 5.

3) *Edinburgh Journ. of Scienc. N. S. Vol. VI et X.* (Annalen, Bd. XXI S. 311.)

4) *Annales de chimie et de physique*, T. LV p. 375. (Annalen, Bd. XXXV S. 553.)

5) Er starb am 19. August 1835 zu Florenz an der Schwindsucht im 51. Jahre seines Lebens. Sein Geburtsort war Transilico im Modenesischen, wo er 1784 das Licht der Welt erblickte. P.

genügendes Ergebniss zu erhalten <sup>1</sup>). Endlich beobachtete Hr. Forbes gegen Ende des J. 1834 Zeichen von Polarisation an der Wärme, die von Turmalinplatten und von Säulen aus dünnen, zweckmäßig gegen die einfallenden Strahlen geneigten Glimmerblättchen durchgelassen war. Den stärksten Anteil an polarisirter Wärme gab bei diesen Versuchen ein System von Glimmersäulen; und dieser belief sich, wenn Hr. Forbes eine durch eine Weingeistflamme im Glühen unterhaltene Platinspirale anwandte, auf 40 Prozent; allein derselbe sank auf 17 und 6 Prozent herab, als er dieselben Säulen auf die Wärme eines durch siedendes Quecksilber oder siedendes Wasser erhitzten Gefäßes wirken ließ <sup>2</sup>).

Die Wärmestrahlen aus Quellen von verschiedener Temperatur sind in Bezug auf die strahlende Wärme das, was die Lichtstrahlen von verschiedenster Farbe beim Lichte sind. Bekanntlich werden aber diese Lichtstrahlen durch ein und dasselbe polarisirende System gleich gut polarisiert. Die Versuche des Hrn. Forbes schien also in dieser Beziehung einen sehr bemerkenswerthen Unterschied zwischen den Polarisationsgesetzen der Wärme und denen des Lichtes anzudeuten.

Werden nun die Wärmestrahlen wirklich polarisirt? Werden sie es alle gleich gut und vollständig? Das sind die Fragen, die ich in dieser Abhandlung zu beantworten beabsichtige. Zugleich werde ich suchen, die mehr oder minder hervortretenden Widersprüche zwischen den Resultaten der eben angeführten Beobachtung zu erklären.

Das Instrument, dessen ich mich bei diesen Untersuchungen beständig bediente, war ein vortrefflicher Thermomultipliator, verfertigt von Hrn. Gourjon. Um eine Vorstellung von seiner Empfindlichkeit zu geben, brau-

1) *Bibliothèque universelle de Genève*, T. LVII p. 1. (Annalen, Bd. XXXVI S. 531.)

2) *Transact. of the R. Society of Edinb.* Vol. XIII pt. 1 p. 152. (Annal. Bd. XXXV S. 553.)

che ich nur zu sagen, das die bloße Wärme der Hand nahe an einem Ende der Röhren, mit denen die Säule bewaffnet ist, hinreicht, die Nadel auf das Maximum ihrer Ablenkung zu treiben, wenn die Temperatur der Luft unter  $15^{\circ}$  ist. Die an beiden Endflächen vollkommen symmetrische Säule enthält 32 Paare Wismuth-Antimon-Stäbchen, vereinigt zu einem Bündel, welches 8 Linien Durchmesser im Querschnitt und 10 Linien Länge hat<sup>1)</sup>; die Röhren oder cylindrischen Ansätze von Kupferblech, welche ihre beiden Enden umgeben, besitzen, bei ungefähr gleicher Dimension in der Breite, eine dreifache

- 1) Die Symmetrie, oder vielmehr die Gleichheit der Säule an ihren beiden Enden, ist eine unumgängliche Bedingung, um die Beobachtungen unabhängig zu machen von den kleinen Temperaturveränderungen, welche während der Versuche in der umgebenden Luft eintreten können. Wenn nämlich an dem einen Ende die Wismuth- oder Antimonstäbe etwas dicker oder die Löthstellen etwas stärker wären, würde sich die Erwärmung oder Erkaltung derselben, durch die Berührung der Luft, nicht mit gleicher Leichtigkeit den beiden Enden mittheilen; vielmehr würden sich diejenigen Enden der Stäbe, welche im Verhältnis zur Grösse der Löthstellen die kleinere Masse darbieten, schneller erwärmen oder abkühlen als die gegenüberliegenden Enden, und daraus würde ein Strom entstehen, der die Wirkung der Wärmestrahlung, welche die Vorderfläche aufnimmt, störte. So kann man also mit Säulen von ungleichen Flächen die Wärmestrahlung nur in dem Fall genau messen, dass die Temperatur der Atmosphäre beinahe constant bleibt. Schwankt sie, so sind die Resultate desto ungenauer, je schneller diese Veränderungen geschehen, und je länger die Zeit ist, welche zu den Versuchen erforderlich wird. Die von Hrn. Nobili beschriebenen *Strahlen-* und *Schlitzsäulen* (Ann. B. XXXVI S. 525) haben keine symmetrischen Flächen, und sind deshalb nicht frei von den eben beschriebenen Fehlern. Der Verfasser giebt dies selbst zu, indem er, nach Anführung der bei einer Reihe von Körpern mit seiner *Strahlensäule* erhaltenen Wärmedurchgänge, S. 530, hinzufügt: »die Temperatur-Umstände, welche auf die Resultate von Einfluss seyn, und sie folglich durch ihre Variationen abändern können, sind: die Temperatur der Quelle, die der Körper, und vor allem die der Luft.

**Länge.** Das astatische System des Galvanometers besteht aus zwei sehr stark magnetisirten Nadeln von 0,47 Mm. Durchmesser und 53 Mm. Länge, und macht nur zwei Schwingungen in einer Minute. Wenn man jedoch dieses System, nachdem es außer Gemeinschaft mit der Säule gesetzt ist, durch Annäherung eines Magneten oder weichen Eisens, um  $35^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$  ablenkt und darauf sich selbst überlässt, so kehrt es in seine natürliche Gleichgewichtslage zurück, und stellt sich in drei bis vier Minuten vollkommen unbeweglich auf den Nullpunkt der Theilung. Diese schnelle Rückkehr zur Ruhe röhrt her von der Hemmkraft der Kupferscheibe, die eigends dazu unter dem getheilten Kreise angebracht ist; diese Hemmkraft, wie man aus der schönen Entdeckung des Hrn. Arago weiß, vermindert die Weite der Schwingungen, ohne die Dauer derselben abzuändern, so dass die Schwingungsbewegung der Nadeln um ihre Gleichgewichtslage bedeutend in Dauer vermindert wird, ohne dass dadurch die Kräfte, welche diese Bewegung erzeugten, in Bezug auf Intensität irgend eine Störung erleiden. Die Zeit der Rückkehr ist noch geringer, wenn man das Galvanometer in Verbindung mit der Säule lässt, und man durch die strahlende Wärme eine Ablenkung von  $35^{\circ}$  bis  $40^{\circ}$  hervorruft; denn dann reichen, nach Unterbrechung der Strahlung, zwei Minuten hin, um den Zeiger wieder auf seinen Mittelpunkt kommen zu lassen; die Wärme, die noch einige Zeit an der der Strahlung ausgesetzten Seite der Säule verweilt, hält dann gewissermassen die Nadel in ihrem Falle auf und hindert sie über den Nullpunkt hinauszugehen, wo sie sonach fast genau in der Zeit anlangt, welche zur Herstellung des Temperatur-Gleichgewichts an den beiden Seiten der Säule nöthig ist.

Um jedoch diesen letzten Zeitpunkt mit all der Genauigkeit, dessen er fähig ist, zu beobachten, müfste man die Säule gegen die ungleich warmen Luftströme schützen, die folgweise mit den beiden Ansatzröhren in Berührung

kommen. Diese Temperaturunterschiede, obwohl ungemein schwach und für die besten der gewöhnlichen Thermoskope unwahrnehmbar, reichen doch hin, um bei meinem Instrumente Ablenkungen nach der Rechten oder Linken zu erzeugen, die zuweilen bis auf einige Grade steigen und auf eine verdrießliche Weise die Wirkungen der Wärmestrahlen stören. Um diesen grossen Uebelstand zu entfernen, stürze ich über die Säule und ihr Gestell einen grossen metallenen Recipienten, von der Form eines umgekehrten Kastens, 18 Zoll lang und 8 Zoll breit. Die Seitenwände dieses Kastens haben eine solche Höhe, dass der Boden die höchsten Punkte der Fassung der Säule nicht berührt; sie sind doppelt, und der Zwischenraum ist nach unten mit Baumwolle ausgefüllt, um das Eindringen der äufsern Luft möglichst zu verbüten. Die Drähte, welche zur Verbindung der Säule mit dem Galvanometer dienen, gehen unter dem Rand hinweg, in eigends dazu an einer Seite gemachten Ausschnitten.

Eine der schmäleren Seiten ist, in der Höhe der Säule, mit einem kreisrunden Loch versehen; es hat fast einen Zoll im Durchmesser, allein man kann es in jedem beliebigen Grade verkleinern, indem man in einem außerhalb angebrachten Rahmen Platten mit kleinerer Oeffnung einschiebt. Längs der ganzen oberen Wand läuft eine Spalte, durch welche man sehen kann, ob die Axe der Säule in Richtung der Strahlung liege. Schiebt man also den Kasten hin und her, so gelingt es bald, der kreisrunden Oeffnung die gewünschte Lage gegen die Säule zu geben, welche letztere bei dieser Verschiebung natürlich ihre Stelle auf dem Tische behält.

Mittelst dieser doppelten Hülle bleibt die den thermoskopischen Körper umgebende Luft vollkommen ruhig; wenigstens wirken die Bewegungen, welche sich durch langsame Temperaturveränderungen dabin verpflanzen, auf die beiden Seiten der Säulen mit solcher Gleichförmig-

keit, dass der Zeiger des Thermomultiplicators sich genau auf dem Nullpunkt der Theilung erhält, und immer in einigen Minuten dahin zurückkehrt, wenn man durch eine äussere Wärmestrahlung eine bestimmte Ablenkung erzeugt hat, und darauf die Strahlung durch einen Metallschirm abhält.

Personen, welche oft astatiche Galvanometer gebrauchen, werden bemerkt haben, dass diese Instrumente, auf einen wie festen Tisch man sie auch gestellt haben möge, doch durch die Tripte des Beobachters oder durch das Fahren von Wagen in eine leichte Schwankung gerathen, welche auf den Aufhängefaden und die Nadeln übergeht, und ihnen eine mehr oder weniger lange Pendelbewegung mittheilt. Um diese excentrischen Schwingungen, welche bei feinen Beobachtungen sehr schädlich sind, zu verhüten, braucht man nur das Instrument auf den Marmor eines Kamins oder auf einen horizontalen Absatz irgend einer dicken Mauer des Hauses zu befestigen. Als dann behält der Faden immer seine lotrechte Richtung; die Nadeln sind gewissermassen nur für horizontale Bewegungen empfänglich, und man sieht den Zeiger durch die Wirkung der elektrischen Ströme mit solcher Regelmässigkeit abweichen, dass man glauben würde, er hänge nicht an einem Faden, sondern ruhe auf einem Hütchen.

In dem besonderen Fall, welcher uns beschäftigt, beginnt die Ablenkung sogleich, wenn die Strahlen der Wärmequelle von constanter Temperatur durch die Oeffnung des Kastens zur Vorderfläche der Säule gelangen. Die Bewegung der Doppelnadel ist anfangs sehr langsam, allein nach und nach wird sie schneller und erreicht ein gewisses Maximum von Geschwindigkeit; darauf wird sie allmälig wieder langsamer und hört endlich ganz auf. Nun kehrt die Nadel sanft gegen den Mittelpunkt zurück, durchläuft einen Bogen von einigen Graden, nimmt abermals die ursprüngliche Bewegungsrichtung an, und nachdem sie so drei bis vier Schwingungen von abneh-

mender Grösse gemacht hat, bleibt sie endlich stehen und nimmt eine feste Lage an. Die feste Ablenkung ist immer etwas geringer als die erste Ausbiegung; der Unterschied zwischen beiden ist verschieden nach der Grösse der anfänglichen Ausbiegung, welche wir *Impulsionsbogen* nennen werden; und man begreift, dass die Langsamkeit der Bewegung am Ende dieses Bogens erlaubt, ihn mit vieler Genauigkeit zu beobachten und darauf mit der festen Ablenkung zu vergleichen. Dies geschieht immer leicht an allen Punkten des getheilten Kreises, wenn man die Intensität der Wärmestrahlung durch eine zweckmässige Veränderung des Abstandes der Quelle von der Säule verändert. Sind übrigens die festen Ablenkungen gegeben, so kann man immer die entsprechenden *Kräfte* durch den Versuch bestimmen<sup>1</sup>). Man hat also alle nothwendigen Elemente, um eine Tafel zu entwerfen, welche nach den Impulsionsbogen sogleich die Verhältnisse der Kräfte geben. Die Kräfte entsprechen bekanntlich den Temperaturen<sup>2</sup>).

1) Siehe wegen der Beschreibung der Methoden die *Bibliothèq. univers.* T. LV p. 9, und *Mém. de l'acad. des Scienc.* T. XIV p. 445. 446. (Ann. Bd. XXXVIII S. 12.)

1) Hr. Becquerel hat i. J. 1826 (*Annal. de chim. et de phys.* T. XXXI p. 371. — Annal. Bd. IX S. 345) gezeigt, dass die Intensitäten der thermo-elektrischen Ströme des Kupfers, des Platinus und anderer Metalle proportional sind den Temperaturen für die ganze Ausdehnung der Thermometerskale. Nun entspringen die Ströme, welche bei den gewöhnlichen Thermomultiplikatoren die grösstmögliche Ablenkung erzeugen, aus einer Erwärmung einer der Seiten, welche kaum auf einige Grade steigt. Die Proportionalität zwischen den Kräften der magnetischen Ablenkung und den Temperaturen war also schon durch den Versuch erwiesen, als ich meine Versuche über die strahlende Wärme begann; deshalb habe ich sie in meinen früheren Abhandlungen als eine bekannte Thatsache angenommen. Indes, da Hr. Becquerel nicht direct mit den Metallen der thermo-elektrischen Säule experimentirte, so wünschten die HH. Kommissäre, welche von Seiten der Academie der Wissenschaften mit der Prüfung mei-

So erhält man dann, mit Hülfe unserer Tafel, die relativen Intensitäten der beiden Wärmestrahlungen durch den bloßen Anblick der beiden Impulsionsbogen, welchen sie dem Zeiger des Galvanometers successiv einprägen.

ner Versuche über die Wärme beauftragt waren, dass der Satz von der Proportionalität zwischen den Kräften und Temperaturen durch besondere Versuche für den Thermomultiplicator selbst außer allen Zweifel gesetzt würde. Zu dem Ende verschaffte ich mir eine thermo-elektrische Säule aus vier sehr dünnen Elementen von Wismuth und Antimon, die hakenförmig gekrümmt waren, um die beiden Endflächen in zwei getrennte Gefäße einführen und ihnen daselbst durch Berührung mit ungleich warmen Flüssigkeiten verschiedene Temperaturen geben zu können. Die Enden der beiden letzten Elemente reichten aus den Gefäßen heraus und standen mit den Kupferdrähten des Galvanometers in Verbindung. Da indess ein Unterschied von einigen Graden hinreichte die Doppelnadel bis zu den Gränzen der Kreisheilung zu treiben, so schaltete ich einen sehr dünnen Eisendraht von mehreren Füssen Länge in den elektrischen Bogen ein. Dadurch wurde der Strom dermassen geschwächt, dass eine Temperaturveränderung von einem Centigrad eine Ablenkung von ungefähr einem Grad bei dem Galvanometer hervorbrachte. Hierauf wurde nach und nach mehr oder weniger heißes Wasser in eins der Gefäße gebracht, und schmelzendes Eis in das andere. Die letztere Fläche wurde dadurch beständig auf der Nulltemperatur erhalten, während die erstere successiv die Temperaturen des Wassers annahm; diese, gemessen mit einem sehr empfindlichen Thermometer, fanden sich proportional den entsprechenden elektrischen Kräften oder Intensitäten, welche durch die Ablenkungen des Galvanometers angezeigt wurden. Der Versuch wurde noch in anderer Weise abgeändert, um den Umständen, unter welchen man für gewöhnlich den Thermomultiplicator gebraucht, noch näher zu kommen. Der von Eis umgebene Arm der Säule wurde wohl abgewischt und darauf an der freien Luft liegen gelassen; als nun das andere immer eingetaucht blieb in das folgewise auf verschiedene Temperatur gebrachte Wasser, wurden die Intensitäten der elektrischen Ströme proportional dem Ueberschuss der Temperatur dieses Wassers über die der umgebenden Luft; denn die Wärmeleitung des Wismuths und Antimons in dünnen Stäbchen ist so schwach, dass die der einen Fläche durch das Wasser mitgetheilte Wärme kaum in merkba-

Die für die Doppelnadel erforderliche Zeit, um das Ende dieser Bogen zu erreichen, beträgt 10 bis 12 Secunden; zur festen Ablenkung gelangt sie erst nach Ablauf von 90 bis 100 Secunden. Wie beständig die Wärmequellen nun auch seyn mögen, so sind sie doch nöthwendig kleinen Veränderungen in ihrem physischen Zustand unterworfen, welche in der Temperatur Veränderungen derselben Ordnung nach sich ziehen; daher ist es immer vortheilhaft, die Zeit zwischen zwei Versuchen, die verglichen werden sollen, abzukürzen. Die eben bezeichnete Tafel macht also die Beobachtungen kürzer und genauer als sie seyn würden, wenn man die feste Ablenkung direct beobachtete. Daher habe ich mich denn dieser Methode im ganzen Laufe dieser Abhandlung bedient, und bei jedem Resultat die entsprechende Kraft neben dem Impulsionsbogen angeführt. Fast unnöthig ist es hinzuzufügen, daß die Kraft, auf welche alle übrigen bezo-

rer Menge zur andern Fläche gelangen und daselbst eine wahrnehmbare Temperaturerhöhung bewirken kann.

Obwohl diese Versuche bei verschiedenen Temperaturen der Atmosphäre mit gleichem Erfolge wiederholt wurden, so schienen sie mir doch nicht ganz befriedigend. Es empfing nämlich die Säule die Temperaturunterschiede, welche die elektrischen Ströme veranlaßten, hiebei durch den Contact, während dieselben bei dem gewöhnlichen Gebrauch des Thermomultiplicators durch Strahlung hervorgerufen werden; man mußte also mittelst der strahlenden Wärme beweisen, was mittelst der Berührungswärme bewiesen worden. Nach den vorherigen Versuchen bestand die Aufgabe darin, zu zeigen: *dafs die Wärmestrahlen in den thermoskopischen Substanzen gleiche Ausdehnungen bewirken, wenn sie in dem Thermomultiplicator gleiche Ströme erregen, und dieses zwar für jede Intensität der Strahlen, jeden Ursprung derselben, oder jede Abänderung, die sie vermöge eines Durchgangs, einer Reflexion oder Refraction etwa erlitten haben mögen.* Um zu sehen, ob dieser Satz richtig sey, ließ ich durch Hrn. Bunten ein Lufthermoskop fertigen, und stellte damit die Versuche an, welche in Hrn. Biot's Bericht ausführlich beschrieben sind (S 17 des vorigen Bandes).

gen wurden, diejenige ist, welche die Doppelnadel um den ersten Grad der Theilung ablenkt.

Nachdem ich mir durch alle diese Mittel ein ungewöhnlich empfindliches, und in seinen Angaben rasches und sicheres thermoskopisches Instrument verschafft hatte, schritt ich zu den Versuchen über die Wärmepolarisation, dabei mit Turmalinplatten anfangend.

Eine grosse Schwierigkeit, auf die man sogleich gestoßen, wenn man die Wärmepolarisation durch Turmaline studiren will, ist der schwache Wärmedurchlaß dieser Substanzen, ein Umstand, welcher mit der gewöhnlichen Kleinheit derselben das ausfahrende System von polarisrenden Strahlen ungemein schwach und kaum für die empfindlichsten Thermomultiplicatoren wahrnehmbar macht. Daraus entspringt die Nothwendigkeit, die Wärmequelle dem Turmalinsysteme sehr zu nähern, um die möglichst grösste Menge Wärmestrahlen aufzufangen. Allein diese übergroße Nähe erhitzt die Turmaline merklich, macht dieselben auf die Säule strahlen, und stört so die Wirkung der unmittelbar durch das System gehenden Strahlen.

Zwar kann man, ohne den gewöhnlichen Abstand der Quelle zu ändern, die auf die Turmaline einfallende Wärmemenge verstärken, wenn man sie mittelst einer Steinsalzlinse concentrirt. Allein alsdann erhitzten sich die Turmaline noch mehr, und man muss nothwendig die Säule in einer grossen Entfernung hinter den Turmalinen aufstellen, wenn man den störenden Einfluß dieser zweiten Wärmequelle entfernen will. Nun kann man aber die Säule nicht zu weit entfernen, ohne nicht wieder in den ersten Uebelstand einer zu schwachen Wirkung zurückzufallen; denn die Strahlen erleiden, nachdem sie sich im Brennpunkt gekreuzt haben, eine bedeutende Divergenz, und nehmen mit Entfernung von den Platten rasch an Intensität ab.

Um diese verschiedenen Klippen zu vermeiden und eine Wärmefluth zu erhalten, die mit Kraft auf das Ther-

moskop wirke und alleinig von den direct durch die Turmaline gegangenen Strahlen herrühre, fng ich mit einer grossen Steinsalzlinse ein Bündel Wärmestrahlen auf, die ich vorher mittelst eines Reflectors parallel gemacht hatte. Die concentrirte Wärme gelangt zu den Turmalinen; ein starker Anteil wird verschlückt und in gewöhnliche Wärme verwandelt; der andere aber behält seine strahlende Form und setzt seinen Weg fort, er zerstreut sich darauf, und fällt dann auf eine zweite Linse von kürzerer Brennweite, die um diese ihre Brennweite jenseits des Brennpunkts der ersten Linse aufgestellt ist. Die Strahlen, welche diese Linse divergirend auffängt, treten parallel aus und bilden ein Bündel verdichteter Wärme, welches in den thermoskopischen Kasten eintritt und endlich zu der zweckmäsig vom Loche entfernten Säule gelangt. Da der Querschnitt des Bündels etwas geringer ist als der der Säule, so tragen alle seine Theile zur Erzeugung des thermoskopischen Effectes bei, und man verliert demnach keinen der Wärmestrahlen, die zum polarisirenden Systeme austreten.

Wichtig ist, dass der Mittelpunkt der beiden an einander gelegten Turmaline sich nicht genau im gemeinschaftlichen Brennpunkt der beiden Linsen befindet, sondern der zweiten Linse näher liege, damit die von diesen Platten absorbierte und gegen die zweite Linse strahlende Wärme divergirend gebrochen werde und keine Wirkung auf den thermoskopischen Körper ausübe, welcher demnach alleinig von dem Wärmebündel aus der directen Transmission ergriffen wird. Ob diese Bedingung wirklich erfüllt sey, davon überzeugt man sich, wenn man die Turmaline schwärzt, oder statt ihrer beliebige Platten von gleicher Dicke, wohl mit Ruß überzogen, anwendet; denn dann nimmt der Zeiger des Galvanometers seine ursprüngliche Gleichgewichtslage an, und behält sie, man mag die strahlende Communication mit der Wärmequelle herstellen oder unterbrechen.

Mittelst dieses Kunstgriffs gelingt es, einen Wärmebündel von fast gleichem Querschnitt mit der Oberfläche der Linse durch sehr kleine Turmalinplatten zu leiten, alle ausfahrenden Strahlen anzuwenden, und nur diese ihre Wirkung auf das Thermoskop rein, unvermischt mit der aus der Erhitzung der Platten entstandenen Wärme, ausüben zu lassen.

Durch Combination einer Linse von 2,5 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Brennweite mit einer Linse von 14 Linien, erhielt ich ausfahrende Wärmebündel von den Turmalinen, die in mehren Fällen die Doppeladel meines Galvanometers um  $60^\circ$  bis  $80^\circ$  ablenkten, wiewohl die kleine Flamme einer Locatellischen Lampe mit Reflector ein Meter entfernt war. Diese kräftige Wirkung wiewohl zu den beabsichtigten Versuchen nothwendig, ist jedoch zu gros; man kann sie indefs sehr leicht beliebig schwächen, wenn man durch zweckmässiges Zusammenrücken der beiden Linsen die letzteren Wärmestrahlen mehr oder weniger divergirend macht.

Die Turmalinplatten sind befestigt in der Mitte zweier parallelen Diaphragmen von Kork, die das Innere einer runden, ziemlich platten Büchse ausfüllen, welche letztere in der Mitte ein kreisrundes Loch besitzt, und durch einen gleichfalls durchbohrten Metallschirm in zweckmässiger Höhe gehalten wird. Die eine Platte ist fest, die andere drehbar mit der Hälfte der Büchse, worin sie sitzt. Striche, an dem Rande angebracht, lassen die beiden Hauptrichtungen der Krystallaxen mit Leichtigkeit erkennen.

In folgender Tafel gebe ich die Resultate von neun Paaren Turmalinen, die mir von verschiedenen Personen geliehen worden sind. Alle diese Turmaline polarisiren das Licht fast vollständig, d. h. wenn man durch diese Systeme eine Lichtflamme betrachtet, so erscheint sie ziemlich lebhaft, sobald die Axen parallel sind, verschwindet dagegen fast gänzlich, wenn man die Axen rechtwinklig kreuzt.

T a f e l I.

Wärmequelle: Flamme einer Locatelli'schen Lampe.

No.	Farbe der einzelnen Turmalin-paare.	Wärmedurchlass				Polarisationsindex in Hunderteln der beim Parallelismus d. Axen durchgelassenen Wärmemengen.	
		bei					
		parallelen Axen.	rechtwinkl. Axen.	Impulsionsbogen.	Kräfte.		
1	Dunkelgrün . .	30°,56	27,50	29°,78	26,48	3,71	
2	Bläulichgrün . .	29°,81	26,51	28°,22	24,60	7,20	
3	Blaugrün . . .	32°,35	29,40	30°,11	26,90	8,50	
4	Gelblichgrün . .	31°,42	28,51	29°,32	25,89	9,19	
5	Gelblichgrün . .	33°,23	30,18	30°,01	26,77	11,30	
6	Gelbgrün . . .	31°,96	29,07	29°,11	25,61	11,90	
7	Röthlichbraun . .	29°,89	26,62	25°,32	21,88	17,72	
8	Schmutzig violett . . . .	30°,69	27,67	25°,45	22,00	20,48	
9	Fahlgelb . . .	31°,27	28,37	25°,60	22,16	21,89	

Nach dem zuvor Gesagten bedürfen die Zahlen in den vier vorletzten Kolumnen keine Erläuterung. Ich bemerke nur, dass jede als Impulsbogen angegebene Zahl das Mittel ist aus mehreren, abwechselnd bei parallelen und senkrechten Axen gemachten Beobachtungen. Dieses Verfahren dient, die Fehler aufzuheben, welche entweder von der Beobachtung selbst herrühren, oder von den kleinen Intensitätsveränderungen in der Strahlung der Wärmequelle. Bei der Vollkommenheit des Apparats übersteigen indes diese Fehler auf's Höchste nicht ein Funfzigstel des Mittelwerths. Was die letzte Kolumne betrifft, so enthält sie den Polarisationsindex, d. h. den Wärme-Antheil, welcher bei Kreuzung der Axen verschwindet, bezogen auf die Wärmemenge, welche bei Parallelismus der Axen das System durchdringt. So lässt das erste Turmalinpaar durch, bei parallelen Axen: 27,50, bei rechtknickig gekreuzten Axen: 26,48; der Unterschied dieser Zahlen, nämlich 1,02, stellt die durch die Kreu-

zung verlorne Wärmemenge dar. Und um den von diesem Turmalinpaar polarisirten Antheil Wärme, ausgedrückt in Hunderteln der beim Parallelismus der Axen durchgelassenen Wärmemenge, zu erhalten, muß man offenbar die Proportion annehmen:  $26,48 : 1,02 :: 100 : x$ , woraus  $x = 3,71$ .

Diese letzte Kolumne zeigt, daß der Polarisationsindex mit der Beschaffenheit des angewandten Turmalinpaars sich verändert. Diese, bei den zum Versuch gebrauchten Turmalinen schon ziemlich beträchtlichen, Veränderungen ließen mich glauben, daß sie für andere Platten noch gröfsr seyn würden, und daß sie wahrscheinlich von der verschiedenen Diathermansie der Turmaline herrührten, d. h. von der Eigenschaft der verschiedenen Individuen dieses Minerals, Wärme flühen von verschiedener Beschaffenheit ungleich durchzulassen. Um diese Muthmaßung zu prüfen, befestigte ich auf dem Apparat das Turmalinpaar, welches die meiste Wärme polarisierte, und nachdem ich die Umstände so eingerichtet, daß die durchgelassene Wärmemenge möglichst groß werden mußte, stellte ich in die Bahn der durch die erste Linse concentrirten Strahlen Scheiben von verschiedenen Substanzen auf. Die auf die Turmaline einfallende Wärmemenge wurde natürlich durch die partielle Absorption der eingeschalteten Scheibe mehr oder weniger verringert, allein zugleich änderte ich auch den gegenseitigen Abstand der beiden Steinsalzlinsen zweckmäßig ab, um so bei diesen verschiedenen Systemen, für den Fall des Parallelismus der Axen beider Turmaline, einen fast constanten Wärmedurchgang zu haben.

Die Resultate dieser zweiten Versuchsreihe, ange stellt mit derselben Quelle und mit denselben Turmalinpaaren, sind in folgender Tafel enthalten.

## T a f e l I I.

Wärmequelle: Flamme einer Locatellischen Lampe.

Vor dem Turmalinpaare aufgestellte Substanz.	Dicke dieser Substanz.	Wärmedurchgang durch die eingeschaltete Substanz und das Turmalinpaar No. 9 der Tafel I bei				Polarisationsindex, in Hunderteln d. durch die 3 Platten bei Parallelism. d. Turmalinaxen gegang. Wärme.	
		parallelen Axen.		senkrecht. Axen.			
		Impulsionsbogen.	Kräfte.	Impulsionsbogen.	Kräfte.		
Keine . . . . .	0,00 mm.	17°,37	15,06	13°,47	11,76	21,91	
Glas, farbloses .	1,85	17,93	15,53	13,94	12,15	21,79	
- rothes . . .	1,80	16,75	14,54	13,04	11,40	21,57	
- orangefarb.	1,87	17,21	14,93	13,31	11,66	21,90	
- gelbes . . .	1,79	17,83	15,45	13,84	12,07	21,89	
- blaues . . .	1,83	17,59	15,24	13,66	11,92	21,78	
- indigfarben.	1,78	17,29	14,99	13,44	11,74	21,68	
- violettes . .	1,81	16,81	14,59	13,02	11,39	21,92	
- blälich-							
grün <sup>1)</sup>	0,74	16,99	14,74	15,95	13,86	5,95	
- dito dito	1,93	17,32	15,02	16,85	14,62	2,76	
- schwarz, un-							
durchsichtig	0,81	17,55	15,21	16,76	14,55	4,35	
- dito dito	1,98	17,80	15,42	17,52	15,19	1,51	
Schwerspath . . .	2,60	17,10	14,83	13,18	11,52	22,30	
Gyps . . . . .	2,71	16,95	14,71	10,54	9,18	37,63	
Rüböl . . . . .	8,49	16,97	14,72	10,40	9,05	38,50	
Weins. Kali-Natr.	2,50	17,39	15,08	9,49	8,26	45,21	
Gesätt. Kochsalz-							
lös <sup>2)</sup> . .	8,49	17,49	15,16	5,78	5,06	66,60	
- Alaun dito	8,49	17,56	15,22	5,81	5,08	66,63	
- Weinsäure							
Lösung .	8,49	17,39	15,08	5,76	5,04	66,59	
- dito dito	0,74	16,96	14,72	10,76	9,38	36,31	
Destill. Wasser	8,49	16,77	14,55	5,54	4,85	66,67	
dito dito	0,74	17,20	14,92	10,91	9,50	36,27	
Bernstein . . . .	3,08	17,23	14,94	8,35	7,29	51,23	
Alaun . . . . .	2,58	16,98	14,73	0,58	0,52	95,81	

- 1) Die physischen Eigenschaften dieser Glasart, welche sich bei allen Erscheinungen der VVärme-Absorption so abweichend von allen andern gefärbten Glasarten verhält, sind: 1) fast vollständige Absorption der vom Alaun durchgelassenen VVärmestrahlung, und 2) gänzliche Absorption der rothen Strahlen des Sonnenspektrums. Schon habe ich gesagt, dass ihre Färbung fast ganz von Kupferoxyd herrührt.
- 2) Die Temperatur dieser gesättigten Lösungen war ungefähr 15° C.

Wir wissen bereits, daß die von verschiedenartigen Körpern unmittelbar durchgelassenen Strahlen in sehr verschiedener Menge eine gegebene Platte einer diathermen Substanz durchdringen<sup>1)</sup>; auch wissen wir, daß dieselben Strahlen von den Oberflächen gewisser opaker Körper ungleich absorbirt werden<sup>2)</sup>. Gegenwärtig können wir zu diesen beiden unterscheidenden Kennzeichen noch das einer ungleichen Polarisation durch ein und dasselbe System von Turmalinen hinzufügen.

In der That sehen wir, daß von 100 Wärmestrahlen, welche die Turmaline beim Parallelismus ihrer Axen durchliefsen, ungefähr 22 verschwanden, wenn sie gekreuzt wurden. Bei den Strahlen, die vom farblosen, vom rothen, orangefarbenen, gelben, blauen, indigfarbenen und violetten Glase durchgelassen wurden, erlitt dies Verhältnis keine merkliche Verringerung; allein bei dem grünen und dem undurchsichtigen schwarzen Glase sank es auf 2 bis 3 Procent herab; und bei Einschaltung von Gyps, Bernstein, reinem Wasser, Salzlösungen und Alaun stieg der polarierte Anteil von 22 auf 38, 51, 67 und 96 Procent.

Bemerken wir, daß das aus dem Polarisationsindex (polarierten Anteil) hergeleitete Kennzeichen zu denselben Folgerungen führt, welche wir aus den Transmissions-Versuchen gezogen haben. Denn dies letztere Mittel der Analyse hatte uns erlaubt zu erkennen, daß die Farbstoffe in den farbigen Gläsern nur einen Theil der vom farblosen Glase durchgelassenen Wärmebluth auslöschen, ohne die Quantitäts-Verhältnisse zwischen den verschiedenen der sie zusammensetzenden Strahlen merklich abzuändern; so daß diese Substanzen sich in Bezug auf

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. LV p. 384. (Ann. Bd. XXXV S. 542.)

2) Ebendaselbst, p. 388. (Annal. Bd. XXXV S. 545.)

auf die strahlende Wärme verhalten wie in Bezug auf das Licht die braunen und schwärzlichen Stoffe, wenn man sie in eine Flüssigkeit einführt, von welcher sie keine chemische Einwirkung erleiden <sup>1</sup>). Da nun der von den Turmalinen polarisierte Anteil Wärme variiert mit der Qualität der Wärmestrahlen, die von den verschiedenen Schirmen durchgelassen werden, so deutet die Beständigkeit dieses Anteils bei den durch farblose und farbige Gläser gegangenen Strahlen offenbar, wie bei den Transmissionsversuchen, darauf hin, dass diese Farbstoffe die Zusammensetzung der vom Glase durchgelassenen Wärmefluth nicht abändern. Das grüne und das un durchsichtig schwarze Glas machen zwar eine Ausnahme, allein eine ganz analoge Ausnahme findet sich auch bei den Transmissionsversuchen <sup>2</sup>).

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. LV p. 381. (Ann. Bd. XXXV S. 538.)

2) Zu denselben Folgerungen gelangt man auch mittelst Brechungs-Versuche. Zu dem Ende bedeckt man an einem Steinsalz-Prisma eine der Flächen des brechenden Winkels mit einer farbigen Glasplatte, und untersucht die Vertheilung der Temperatur in den verschiedenen Zonen des Spectrums, welches entsteht, wenn man dieses System dem Sonnenlichte aussetzt. Wechselt man mit der Farbe des Glases, so findet man nicht nur die Form des Wärmespectrums sehr regelmässig erhalten, wie wir anderswo gesehen haben (*Ann. de chim. et de phys.* T. LX p. 426. — Annalen, Bd. XXXVII S. 492), d. h. begibt mit einem einzigen Maximum und einer regelmässigen Abnahme der Temperaturen zu beiden Seiten, sondern auch die Abstände dieses Maximums und der umgebenden Zonen von einer gegebenen Zone des normalen Lichtspectrums beinahe unverändert geblieben. Die absolute Wärmemenge variiert zwar bedeutend mit der Farbe und Natur des Glases; allein diese Variation geschieht immer proportional den Werthen der Ordinaten, welche für irgend eine farbige Platte die Temperatur der verschiedenen Zonen ausdrücken, so dass die Intensitäten des Maximums und der anliegenden Zonen mehr oder weniger in einem constanten Verhältniss abgeändert sind, für die ganze Erstreckung eines jeden neuen Spectrums, welches beim Wechsel des Glases erzeugt wird. Aus

Durch die Transmission haben wir gefunden, daß die aus grünem oder undurchsichtig schwarzem Glase tretenden Strahlen ganz entgegengesetzte Eigenschaften be-

diesen beiden Thatsachen ergiebt sich offenbar der Schluss, daß die Qualität der Wärmebluth, welche von verschiedenen farbigen Glasplatten durchgelassen wird, keineswegs beim Uebergang von einer Platte zu einer anderen variiert. Auch hier zeigt sich, wie bei andern Analysen, die wir von diesen Phänomen gemacht haben, bei dem vorhin erwähnten grünen Glase eine ungemein hervorstechende Ausnahme, indem dieses Glas das Wärmespectrum verschiebt, gegen die schwächere Brechung hin, fast ganz außerhalb der gemeinschaftlichen Gränzen der aus jedem andern farbigen Glase entspringenden Spectra.

Wenn eine und dieselbe Folgerung aus mehreren so verschiedenen Erscheinungen, wie die der Absorption, der Polarisation und Refraction wirklich sind, hervorgeht, so scheint sie mir alle Bürgschaft zu besitzen, um unter die, durch Erfahrung wohl begründeten Wahrheiten aufgestellt zu werden.

Die Farbstoffe der farbigen Gläser, welche die Quantitätsverhältnisse zwischen den verschiedenen Strahlen des gewöhnlichen Lichts so bedeutend abändern, üben demnach keine aussählende Wirkung auf die begleitenden Wärmestrahlen aus. Diese sonderbare Erscheinung ist um so merkwürdiger, als dieselben Farbstoffe fast immer eine ziemlich starke Portion der natürlich vom Glase durchgelassenen Wärme absorbiren. Wirklich sind die Wärmedurchlässe unserer sieben farbigen Gläser, bezogen auf den Durchlaß des farblosen Glases, den wir durch 100 ausdrücken, folgende: rothes Glas 82,5, orangefarbenes 72,5, gelbes 55, bläulichgrünes 57,5, blaues 52,5, indigfarbenes 30, violettes 85. Die Menge der von farbigen Gläsern absorbirten Wärme beträgt also: beim rothen 17,5, beim orangefarbenen 27,5, beim gelben 45, beim grünen 42,5, beim blauen 47,5, beim indigfarbenen 70 und beim violetten 15. Da nun diese Absorptionen einen proportionalen Theil von jedem Strahle in der natürlich vom gewöhnlichen Glase durchgelassenen Wärmebluth auslöschen, so kann man sie, wie eben gesagt, vergleichen mit den absorbirenden Wirkungen, welche die braunen und mehr oder weniger schwärzlichen Substanzen bei Vertheilung in Wasser oder eine andere farblose Flüssigkeit, welche sie ohne weitere chemische Veränderung läßt, auf das Licht ausüben.

sitzen wie die zum Alaun ausfahrenden <sup>1</sup>), Derselbe Antagonismus von Eigenschaften zeigt sich bei der scheinbaren Polarisation, welche diese beiden Wärmearten beim Durchgang durch Turmaline erleiden, weil die letztere den polarisirten Antheil um das Drei- bis Viersache erhöht, während die erstere derselben um acht bis neun Zehntel verringert.

Endlich hatte uns auch die Erfahrung gezeigt, dass die unmittelbar vom Alaun durchgelassenen Wärmestrahlen sich den Lichtstrahlen stark nähern, sowohl durch ihren reichlichen Durchgang durch alle durchsichtigen farblosen Substanzen, als auch durch ihre schwache Absorption seitens weißer Oberflächen <sup>2</sup>), und diese Analogie vervollständigt sich hier durch die fast totale Polarisation der nämlichen Strahlen mittelst Turmaline.

Nun ist es leicht die Unterschiede zwischen den Polarisationsanzeigen der verschiedenen Turmaline zu erklären. Nicht alle von der Flamme ausgesandten Wärmestrahlen durchdringen die Turmaline gleich gut, vielmehr hängen die Quantitäten und Qualitäten der durchgehenden Wärme von deren Beschaffenheit ab. Diese, überhaupt bei allen diathermanen Substanzen zu beobachtende Thatsache ist in dem besonderen Fall, welcher uns beschäftigt, in dem Grade richtig, dass jede der Platten in den polarisirenden Systemen, welche in der ersten Tafel mit den No. 1, 2, 3, 4 bezeichnet sind, bei Verknüpfung mit einer Alaunplatte keinen wahrnehmbaren Wärmedurchgang darbietet; ein augenscheinlicher Beweis, dass die durch Alaun gehende Wärme gänzlich fehlt unter den Strahlen der Wärmefluth, welche zu diesen vier Systemen austritt. Nun haben wir gesehen, dass

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. LV p. 382. (Ann. Bd. XXXV S. 540.)

2) *Idem* p. 390. (Ann. Bd. XXXV S. 543.)

die verschiedenen Wärmearten, welche in der Strahlung der Flamme enthalten sind, ungemein abweichende Polarisationsanzeigen geben. Mithin muss die von jedem polarisirenden Paare aufgenommene Wärmefluth nothwendig einen mittleren Polarisationsanzeiger haben, welcher mit der Qualität der Turmaline verschieden ist.

Schaltet man außerhalb des polarisirenden Systems einen Schirm ein von gleicher Diathermansie mit den Platten dieses Systems, d. h. einen Schirm, der dieselben Strahlenarten in denselben Verhältnissen wie diese Platten durchlässt, so wird zwar die absolute Grösse des Durchgangs, je nach der mehr oder weniger beträchtlichen Diathermansie dieses Schirms, geschwächt; allein die Turmaline erleiden keine Änderung in ihrem Polarisationsanzeiger. Dies ist der Fall bei farblosem, rothem, orangefarbenem, gelbem, blauem, indigfarbenem und violettem Glase. Allein Wasser, Oel, Bernstein, Alaun, grünes und undurchsichtig schwarzes Glas ändern diesen Anzeiger mehr oder weniger, weil ihre Diathermansie von der der angewandten Turmaline abweicht.

Wechseln wir aber mit dem polarisirenden System. Hat das neue System nicht mehr dieselbe Diathermansie, so ist klar, dass die Ordnung und der Sinn der durch die verschiedenen Schirme in dem Werth des Polarisationsanzeigers eingeführten Veränderungen nicht mehr dieselben seyn werden. Dies erhellt aus einer Reihe von Beobachtungen, gemacht mit dem Paar grüner Turmaline, welches in der ersten Tafel mit No. 5 bezeichnet worden ist.

## T a f e l I I I.

Wärmequelle: Flamme einer Locatellischen Lampe.

Vor dem Turmalinpaare aufgestellte Substanz.	Dicke dieser Substanz.	Wärmedurchgang durch die eingeschaltete Substanz und das Turmalinpaar No. 5 der Tafel I bei				Polarisationsindex, in Hundertern d. durch die 3 Platten bei Parallelism. d. Turmalinaxen gegang. Wärme.	
		parallel. Axen.		senkrecht. Axen.			
		Impulsionsbogen.	Kräfte.	Impulsionsbogen.	Kräfte.		
Keine . . . . .	0,00	17°,11	14,84	15°,15	13,15	11,35	
Bläulichgrün. Glas,	1,93	17°,65	15,30	15°,54	13,49	11,83	
Opakes schwarz. -	1,98	17°,10	14,83	15°,06	13,05	11,94	
Schwerspath . . .	2,60	17°,33	15,03	15°,23	13,21	12,07	
Rüböl . . . . .	8,49	17°,52	15,19	12°,95	12,80	15,65	
Gyps . . . . .	2,71	17°,76	15,39	12°,74	12,63	17,91	
Farbloses Glas .	1,85	17°,27	15,08	16°,24	14,11	6,46	
dito dito	8,27	17°,81	15,43	17°,05	14,79	4,17	
Rothes -	1,80	17°,49	15,16	16°,32	14,17	6,53	
Orangefarb. -	1,87	16°,91	14,67	15°,77	13,69	6,70	
Gelbes -	1,79	17°,22	14,93	16°,12	14,00	6,15	
Blaues -	1,83	16°,87	14,64	15°,81	13,73	6,20	
Indigifarben. -	1,78	16°,98	14,73	15°,86	13,78	6,44	
Violette -	1,81	17°,30	15,00	16°,20	14,06	6,29	

Bemerken wir zunächst, dass die äussersten Gränzen der durch Dazwischensetzung der Schirme in dem Polarisations-Index herbeigeführten Veränderungen weit näher zusammen liegen als es bei den falben Turmalinen der Fall war; dies deutet auf eine grössere Homogenität in der Wärmefluth, die von den hier angewandten Turmalinen durchgelassen wurde. Ueberdies erleidet der Polarisations-Index hier nur eine geringe Schwächung durch das grüne und das schwarze Glas, welche beide den directen Index der vorhergehenden Tafel um  $\frac{1}{2}0$  bis  $\frac{1}{2}9$  verminderten. Die Diathermansie dieser Turmaline ist also der des grünen und des schwarzen Glases analog.

Dagegen wird der Polarisations-Index verringert vom weissen, rothen, orangefarbenen, gelben, blauen, indigifarbenen und violetten Glase, und nicht, wie bei den

falben Turmalinen, im natürlichen Zustand gelassen. Dies hat nichts Ueberraschendes, weil der Unterschied in der Diathermansie dieser beiden polarisirenden Systeme von der Art ist, dass das farblose und die eben genannten farbigen Gläser hier so wirken, wie das grüne und das undurchsichtig schwarze Glas in der vorhergehenden Tafel und umgekehrt.

Ueberdies bewirken das farblose, rothe, orangefarbene, gelbe, blaue, indigefarbene und violette Glas sämmtlich sehr nahe eine gleiche Abänderung in dem Werthe des Polarisations-Anzeigers der grünen Turmaline; und wir sahen so eben, dass dieselben Gläser auf den Index der falben Turmaline fast keine Wirkung ausüben. Diese, von einem polarisirenden System zum andern veränderliche, bei jedem System aber für die ganze Reihe der Platten constante Einwirkung ist durchaus analog der Unveränderlichkeit, welche man, trotz der Intensitätsveränderungen, in den Verhältnissen der von denselben farblosen oder farbigen Gläsern durchgelassenen Wärmemengen beobachtet, wenn man diese Gläser den von verschiedenartigen Schirmen ausfahrenden Strahlen aussetzt<sup>1)</sup>. Wir werden demnach abermals auf eine unserer früheren Folgerungen zurückgeführt, nämlich die, dass die farbigen Substanzen auf die verschiedenen Strahlen der Wärmefluth, welche das Glas durchdringt, keine auswählende Absorption ausübt.

Ehe wir die Wirkung der Schirme auf den Polarisations-Index der Turmaline verlassen, wollen wir noch einige Bemerkungen machen über den Einfluss der Dicke der eingeschalteten Substanz und der Lösungen von Salzen in Wasser.

Aus der zweiten Tafel ersieht man leicht, dass der den Polarisationsindex vergrößernde oder vermindernde Einfluss jeder Substanz in dem Maafse stärker ist als diese

1) *Ann. de chim. et de phys. T. LV p. 390 et 391. (Annalen,  
Bd. XXXV S. 543.)*

eine grössere Dicke besitzt. Wasser z. B., welches in einer 0,74 Mm. dicken Schicht den Index der falben Turmaline von 22 auf 36 erhöht, bringt ihn, in einer 8 Mm. dicken Schicht auf 67. Eine schwarze Glasplatte dagegen, die, bei 0,81 Mm. Dicke, denselben Index von 22 auf 4 herabbringt, vermindert ihn bis auf 1,5 Mm., wenn sie eine Dicke von etwa 2 Mm. hat. Dies stimmt mit den Versuchen über die successive Transmission vollkommen überein; denn diese zeigen, dass die von einer gegebenen Substanz ausfahrende Wärmefluth desto einfacher wird, desto gereiniger, wenn man will, je dicker die durchdrungene Substanz ist. Eben so verhält sich weisses Licht bei seinem Durchgang durch farbige Mittel.

Weinsäure, Steinsalz, Alaun, bis zur Sättigung in Wasser gelöst, verändern dessen Wirkung auf den Polarisations-Index der Turmaline nicht merklich. Schon in einer früheren Abhandlung haben wir gefunden, dass *Alaun* und *Steinsalz* (die unter allen vollkommen durchsichtigen und farblosen Substanzen das *Minimum* und das *Maximum* der Diaetheranität darbieten) durch ihre Lösung in Wasser, das diathermische Vermögen dieser Flüssigkeit nicht merklich abändern<sup>1)</sup>. Die beinahe gleiche Wirkung dieser nämlichen Lösungen und des reinen Wassers auf den natürlichen Index der Turmaline lässt uns einen Schritt weiter thun; denn diese Gleichheit zeigt uns nicht nur, dass in der *Quantität* der Wärme, die von reinem und von mit Kochsalz oder Alaun gesättigtem Wasser durchgelassen wird, kein angebarer Unterschied vorhanden ist, sondern auch, dass dasselbe von der *Qualität* dieser Wärme gilt. Denn fängt man die Wärmefluth, welche durch reines Wasser oder gesättigte Lösungen von Kochsalz oder Alaun gegangen ist, nach einander mit der Säule auf, so erhält man immer, sobald nur die drei Flüssigkeiten in gleich dicken Schich-

1) *Ann. de chim. et de phys. T. LV p. 55. (Ann. Bd. XXXV S. 292.)*

ten angewandt werden, sehr nahe gleich grosse Ablenkungen. Diese Unveränderlichkeit der Wirkung, bei gleicher Dicke der Schichten, findet nun auch noch statt, wenn man folgweise hinter jede dieser Flüssigkeiten dieselbe Platte von Alaun oder jeder andern Substanz aufstellt; denn die gemeinschaftliche Ablenkung sinkt immer um eine constante Grösse, selbst wenn man den Impulsionsbogen, den die für sich durch jede der drei Flüssigkeiten gegangene Fluth erregt, durch Concentration der Wärmestrahlen mittelst Linsen, bis auf 35° oder 40° gesteigert hat.

Um das experimentelle Studium der Wärme-Polarisation durch Turmaline zu vollenden, bleibt uns nur noch übrig, die polarisirende Wirkung dieser Krystalle auf Wärmestrahlen verschiedenen Ursprungs zu untersuchen. Zu dem Ende habe ich die in der Tafel I durch die Nummern 1, 5, 8, 9 bezeichneten Turmalinpaare ausgewählt, und sie in den beiden Hauptrichtungen ihrer Axen den Wärmestrahlen einer Argand'schen Lampe, einer Locatellischen Lampe, einer glühenden Platinspirale und einer bis 400° C. erhitzten Kupferplatte ausgesetzt. Ich erhielt dadurch die folgenden Polarisations-Anzeigen.

T a f e l I V<sup>1)</sup>.

No.	Farbe der Turmalinpaare.	Polarisations-Index für die directen Strahlen:			
		der Argand'- schen Lampe mit Glasschorn- stein.	der Loca- tellischen Lampe.	der durch eine Weingeist- flamme glü- hend erhaltenen Platin- spirale.	der etwa bis 400° C. erhitzten Kupfer- platte.
1	Dunkelgrün . .	0,37	3,71	5,27	0,59
5	Gelblichgrün .	5,33	11,30	13,89	3,22
8	Schmutzig vio- lett . . . .	24,50	20,48	17,20	2,30
9	Fahlgelb . . .	26,21	21,89	18,16	2,98

1) Um die Tafel nicht zu weitläufig zu machen, sind hier die Impulsionsbogen nicht angegeben. Wir bemerken indefs, dass diese Bogen hier oft grösser waren als bei den vorhergehenden Tafeln,

Betrachten wir zunächst die beiden letzten Turmalinaare. Ihre Indices wachsen vom heißen Kupfer bis zur Argand'schen Lampe. Dies zeigt, dass bei der Strahlung dieser vier Quellen die Wärme desto polarisirbarer durch die Turmaline ist, als die Quelle eine höhere Temperatur besitzt.

Indes erleiden die Polarisations-Indices der Systeme 1 und 5, bei den drei ersten Wärmequellen, ganz entgegengesetzte Veränderungen wie die eben untersuchten. Um sich eine solche Anomalie zu erklären, muss man bedenken, einen wie unvollkommenen Zustand von Diathermanität diese Arten von Turmalinen besitzen. Zwar enthalten die Wärmefluthen der Argand'schen und Locatellischen Lampe Strahlen, die durch die Turmaline mehr polarisiert werden als irgend einer von denen in den Wärmefluthen schwächerer Quellen. Allein dergleichen Strahlen tragen hier kaum zur Vergrösserung des Polarisations-Index bei; denn wir haben gesehen, dass sie Platten beider polarisirenden Systeme nicht durchdringen können. Die grünen Turmaline lassen indes verschiedene Wärmearten zu; und da es in den Strahlungen jeder Quelle mehre dieser Arten gibt, so begreift man, dass wenn

und sie müsten es seyn, um die in mehren Fällen ungemein schwachen Indices wahrnehmbar zu machen. No. 1 z. B. gab, den Strahlen der Argand'schen Lampe ausgesetzt, nur einen Unterschied von  $0^{\circ}1$  bei Bogen von  $26^{\circ}$  bis  $27^{\circ}$  für die beiden Stellungen der Axen. Dieser Unterschied war nur in einem Mittel aus 10 Beobachtungen merkbar; und doch kann ich nicht versichern, dass er nicht bei fernerer Vermehrung der Versuche ganz verschwindet, denn oft hatte ich bei Rechtwinklichkeit der Axen die grössere Transmission. Thatsache ist, dass wenn mit Bogen von  $15^{\circ}$  bis  $20^{\circ}$  experimentirt wurde, die Transmission dieser Turmaline gar nicht durch die Kreuzung der Axen zu variiren schien. Uebrigens kann, nach den vorher genannten Versuchen, das Daseyn von Turmalinen, die gar kein Zeichen von Wärmepolarisation geben, nicht stärker in Verwunderung setzen als es die Entdeckung von Turmalinen thun würde, welche die Wärme vollständig polarisiren.

eine gewisse Gruppe von Strahlen, begabt mit einem Polarisations-Index, kleiner als der der ausgeschlossenen Strahlen, aber gröfser als der der durchgelassenen, reichlicher vorhanden ist in der Wärmebluth des glühenden Platins als in der der Locatellischen Lampe, — man begreift alsdann, das der Polarisations-Index der beiden Systeme grüner Turmaline abnehmen werde beim Uebergange von der ersten zur zweiten Quelle. Dieselbe Schlusfolge ist anwendbar auf die Locatellische Lampe, verglichen mit der Argand'schen, so das, ungeachtet die Strahlen polarisirbarer werden in dem Maafse als man vom glühenden Platin zu den höheren Wärmequellen übergeht, dennoch die beiden grünen Turmalinpaare schwächeren Polarisations-Indices geben.

„Ohne Kenntniß der Gesetze des Wärmedurchgangs und der von ihnen an die Hand gegebenen Zerlegungsmittel würden uns diese so wunderlichen Polarisationserscheinungen vielleicht ein ganz verworrenes Chaos geblieben seyn. Gegenwärtig können wir sie kurz so fassen:

„Auf die verschiedenartigen Wärmestrahlen, welche in der Strahlung einer und derselben Wärmequelle enthalten sind oder von verschiedenen Wärmequellen ausgesandt werden, wirkt die Ursache, welche bei den Turmalinen die Polarisationserscheinungen sichtbar macht, sehr ungleich. Einige erleiden anscheinend keine Wirkung dieser Art, andere geben mehr oder weniger deutliche Polarisations-Indices, und noch andere endlich werden vollständig polarisirt wie das Licht. Die Turmaline im Allgemeinen, und besonders die grünen, absorbiren die polarisirbareren Strahlen, und lassen Strahlen durch, die der polarisirenden Wirkung ganz oder theilweis zu entgehen scheinen. Daraus folgt, das ihr scheinbarer Polarisations-Index im Allgemeinen sehr schwach und zuweilen selbst unwahrnehmbar ist. Allein er wächst bis 22 Procent und vielleicht darüber bei Plattenpaaren, die eine gröfsere Menge höchst polarisirbarer Wärme durch-

lassen, wie dies bei gelben, braunen und violetten Turmalinen der Fall ist. Der scheinbare Polarisations-Index eines gegebenen Plattenpaars variiert bedeutend von einer Quelle zur andern, weil bei diesem Uebergang eine Veränderung in der Qualität und Gruppierung der Wärmestrahlen eintritt. Dieser Index variiert endlich, und in gewissen Fällen erreicht er fast seine beiden äußersten Gränzen 0 und 100, wenn man zwischen derselben Quelle und demselben Turmalinpaar diathermane Platten von verschiedener Natur aufstellt, weil die eigenthümliche Absorption dieser Schirme das Quantitätsverhältniss zwischen den verschiedenen Strahlengruppen in der vom polarisirenden System natürlich durchgelassenen Wärmebluth abändert. «

Bei allen diesen Definitionen sprechen wir sorgfältig nur von den *scheinbaren* Anzeigen schwacher Wärmepolarisation mittelst Turmaline, denn in der That könnten alle Wärmestrahlen, die directen wie die von irgend einem Schirme durchgelassenen, sehr wohl, wie das Licht, im Innern dieser Krystalle vollständig polarisirt werden, ohne dass dennoch diese polarisirende Wirkung sichtbar würde durch eine Verminderung der durchgelassenen Wärmequantität beim Uebergang aus der parallelen Stellung der Turmalin-Axen in die rechtwinklige.

Um diese Behauptung zu begreifen, ist es nothwendig sich zu erinnern, was bei der Polarisation des Lichts durch Turmaline vorgeht.

Wenn ein Strahl natürlichen Lichts senkrecht durch eine parallel ihrer Axe geschnittene Turmalinplatte geht, so zerfällt die Doppelbrechung anfangs diesen Strahl in zwei gleich starke und gegen einander rechtwinklich polarisierte Bündel; allein so wie diese Bündel tiefer in die Turmalinmasse eindringen, erleiden sie eine sehr verschiedene Absorption, welche bei dem außerordentlich gebrochenen weit stärker ist, so dass bei einer oft sehr kleinen Dicke einer der Bündel ganz absorbiert wird, der

andere aber seinen Weg fortsetzt, zur Platte hinaustritt und sich mit seiner ihm eignen Polarisation zeigt. Diese ungleiche Absorption wird durch folgenden, Hrn. Biot angehörigen Versuch bewiesen. Man nehme eine etwas dicke, parallel der Axe geschnittene Turmalinplatte, die sich nach einer Seite hin verdünnt, so dass die beiden Flächen der Platte einen gewissen Winkel bilden, sich genau längs einer der Kanten schneiden. Ein sehr schmäler Streif weissen Papiers oder irgend ein anderer dünner Gegenstand, parallel mit der Kante, durch diesen Keil betrachtet, giebt dann zwei Bilder, die nicht mehr übereinanderliegen oder zusammenfließen, sondern durch die Doppelbrechung des Turmalins getrennt sind. Achromatisirt man den brechenden Winkel mit einem Glasprisma, um deutlicher zu sehen, so findet man, dass die beiden Bilder, wenn man sie durch den dünnsten Theil des Turmalins betrachtet, eine fast gleiche Intensität besitzen; allein, so wie man nach und nach die dickeren Theile vor das Auge bringt, sieht man das von der ordentlichen Brechung herrührende Bild allmälig schwächer werden und zuletzt ganz erlöschen.

Es ist also gewiss die *ungleiche* Absorption der beiden durch die Doppelbrechung gebildeten Bündel, wodurch die Polarisation in einer Turmalinplatte merkbar wird. Uebte die Substanz der Platte eine gleich starke Absorption auf die zwei Bündel aus, so würden sie beide mit einander genengt austreten und alle Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes darbieten, so dass eine zweite Turmalinplatte, die mit ihrer Axe senkrecht gegen die erste gestellt würde, keine angebbare Schwächung in der Stärke des durchgelassenen Lichts hervorbrächte.

Wenden wir nun diese Erfahrungen auf die Wärmepolarisation an. Gesetzt, dass alle Wärmestrahlen beim Eintritt in die Turmalinplatte, wie das Licht, eine vollständige Polarisation erlitten, und dass dem gemäss ein jeder in zwei gleich starke und unter sich rechtwink-

lich polarisierte Bündel getheilt würde. Gesetzt ferner, dass die *Ungleichheit* der von der Turmalinmasse auf die beiden Bündel ausgeübten Absorption variire mit den verschiedenen Wärmestrahlen, dass sie sehr groß sey für gewisse Strahlen, schwach oder Null für andere. Dann ist klar, dass die erstenen vollständig nach einer Ebene polarisiert zum Turmalin hinaustreten, während die anderen mehr oder weniger nach beiden rechtwinklichen Ebenen polarisiert sind, und den Schein einer unvollständigen oder ganz fehlenden Polarisation darbieten.

Alle die zuvor beschriebenen Thatsachen lassen sich also in der Annahme erklären, dass die Wärmestrahlen vollständig polarisiert werden; und in der That werden wir sehen, dass diese Annahme durch die folgenden Versuche sehr wahrscheinlich, fast zur Gewissheit wird. Indes, ehe wir diesen Gegenstand verlassen, ist es vielleicht nicht unnütz durch ein leicht begreifliches Beispiel die beiden verschiedenen Wirkungen, welche die Licht- und die Wärmestrahlen durch die Turmaline erleiden, in Parallele zu stellen.

Denken wir uns eine Reihe Weingeistflammen, gefärbt durch verschiedene Salze, und eine Reihe gewöhnlicher Flammen mit verschiedenfarbigen Gläsern davor. Betrachtet man diese Lichter durch unsere Turmalinsysteme, anfangs beim Parallelismus ihrer Axen, dann bei Rechtwinklichkeit derselben, so werden alle farbigen Bilder, die man im ersten Fall mit ziemlicher Lebhaftigkeit erblickte, im zweiten vollständig verschwinden oder wenigstens bis auf äußerst schwache Scheine herabsinken<sup>1)</sup>.

1) Hr. Biot besitzt ein Prisma aus einem schwach violetetrothen Turmalin, welches nicht nur den ordentlichen Strahl nicht vollständig auslöscht, wie es die zu dünnen oder zu schwach gefärbten Turmaline thun, sondern auch denselben bei der Schwächung färbt, so dass man die beiden Bilder eines schmalen Gegenstandes, betrachtet durch dieses Prisma, zwar nahe an der Kante des brechenden Winkels beinahe weiß und gleich stark erblickt, aber in dem Maafse als man den dickeren Theil vor

Die Strahlen des glühenden Platins oder des Kupfers von  $400^{\circ}$  C. stellen bei der strahlenden Wärme die farbigen Weingeistflammen vor; und die Strahlen der Locatellischen Lampe, durchgelassen von Wasser, Glas oder Alaun, sind in Bezug auf diese Wärme nicht anders als die verschiedenfarbigen Lichter, welche man durch gefärbte Gläser erblickt. Nun haben wir gesehen, dass die Wirkung der Turmaline auf die verschiedenen Strahlengattungen bei weitem nicht gleich sind wie beim Licht, sondern dass sie so beträchtliche Unterschiede darbieten, dass die Wärme bald für alle Stellungen der Krystallaxen in fast gleicher Menge durchgeht, bald fast vollständig aufgefangen wird, wenn die Axen beider Platten gegen einander senkrecht stehen.

Die Erscheinungen der ungleichen Wärmepolarisation, erzeugt durch dasselbe Turmalinpaar, welches die Lichtstrahlen aller Farben gleich gut polarisiert, sind analog den äusserst beträchtlichen Absorptionsunterschieden beim Durchgang verschiedener Arten von Wärmestrahlen durch eine hinreichend dünne Platte von Glas, Bergkrystall, Wasser, Alkohol und fast allen vollkommen durchsichtigen Substanzen, deren absorbirende Kraft, zwischen diesen Dickengränen, für alle Lichtstrahlen Null oder gleich gross

das Auge schiebt, das ordentliche Bild etwas schwächer und zugleich entschiedener roth werden sieht, während das außerordentliche Bild niemals eine andere Farbe zeigt als die schwache, welche dem Turmalin angehört. Es scheint also, dass zwei Platten von dieser eigenthümlichen Turmalingattung nicht gleichmäßig auf alle Farbenstrahlen wirken und bei Rechtwinkligkeit ihrer Axen noch rothes Licht durchlassen würden. Vielleicht würden selbst diese rothen Strahlen zuletzt ausgelöscht, wenn die beiden Platten eine gewisse Dicke hätten. Uebrigens ist dies nur eine Ausnahme; denn alle anderen Turmaline wirken beständig so wie oben angeführt, d. h. zwei Platten derselben löschen bei Rechtwinkligkeit ihrer Axen die Lichtstrahlen von jeder Farbe ohne Unterschied und gleich stark aus.

ist<sup>1</sup>). Zu den Wirkungen, die von einem Wärmestrahl zum andern sich stark verändern, dagegen beim Licht beinahe constant bleiben, gehört auch die veränderliche Absorption der verschiedenen Wärmegattungen durch weisse Oberflächen undurchsichtiger Körper, welche Lichtstrahlen von verschiedener Farbe in gleichem Verhältniss zurücksenden. Dies alles sind eben so viele Bedingungen,

- 1) Die Versuche über die verschiedene Absorption des Lichts und der Wärme des Sonnenspectrums durch farblose und farbige Mittel (*Annales de chimie et de physique, Decemb.* 1835, p. 402. — *Annal. Bd. XXXVII S. 490*) bieten ein noch auffallenderes Beispiel derselben Art dar, denn die Unterschiede zeigen sich dort bei Paaren von Wärme- und Lichtstrahlen, welche, durch die Kraft der Brechung isolirt und gewissermaßen gereinigt, scheinen Wärme und Licht am identischsten zu constituiren. Und hier erlaube ich mir einen seltsamen Irrthum zu berichtigten, in welchen der junge und gelehrte Nachfolger Leslie's bei Gelegenheit dieser Versuche verfallen ist. In seinem Briefe an die Herausgeber des *London and Edinburgh philosophical Magazine* (März 1836, p. 245. — Auszugsweise in diesen Annalen, Bd. XXXVII S. 501) lese ich nämlich, daß meine Arbeit besonders den Zweck hätte, Einwürfe gegen die Undulationstheorie der Wärme zu erheben (*M. Milloni lately read a paper to the Academie of Sciences stating certain objections to the undulatory theory of heat*). Dies war nun aber sicher nicht meine Absicht, die, ich glaube, in einer Anmerkung am Schlusse meiner Abhandlung ziemlich deutlich ausgedrückt ist. Bei Bekanntmachung dieser Thatsachen hatte ich allein die Behauptung im Auge, welche sich am Eingang meiner Mittheilung an die Academie ausgesprochen findet, die nämlich, daß Licht und strahlende Wärme nicht identisch seyen, eine Behauptung, die offenbar von jeder Theorie unabhängig ist. Man mag sich nun zur Emanations- oder zur Undulationstheorie bekennen, so scheint es mir doch heut nicht mehr möglich zu behaupten, daß ein und dasselbg Molecule oder eine und dieselbe Welle, welche an einem bestimmten Ort des Sonnenspectrums z. B. gelbes Licht erzeugt, auch die begleitende Wärme hervorbringe. Das ist der einzige Schluss, den ich aus den in meiner Abhandlung enthaltenen Versuchen gezogen habe. Wahrscheinlich ist der Verfasser des Briefes durch die Art der Aufstellung dieses Satzes zu seinen Irrthum verleitet, indem ich ihn in Wörtern ausdrückte, die

denen jede Theorie, welche das Licht und die strahlende Wärme von einer Ursache ableiten will, künftig Genüge zu leisten hat.

(Fortsetzung folgt.)

bloss einer dieser Theorien angehören, und nach Argumenten, die mir schienen, in der Annahme einer Identität, den Einwürfen begegnen zu müssen, welche aus den früher bekannten Unterschieden zwischen der Wirkung diaphaner und diathermaner auf Wärme und Licht irdischen Ursprungs gezogen wurden; Argumente, welche nothwendig in der Sprache einer der zur Erklärung der Wärmestrahlen angenommenen Hypothesen ausgedrückt werden mussten. Ich wählte das Undulationssystem, allein ich hätte sie eben sowohl nach dem Emanationssystem angeben können. Uebrigens sind die in jener Abhandlung gemachten Einwürfe nicht speciell anwendbar auf die Undulationstheorie; wenn man einige dieser Theorie eigenthümliche Ausdrücke fortlässt, und die Worte *Welle* und *Länge* in *Molecul* und *Art* umändert, bleibt das Raisonnement noch stehen, und man gelangt so zu dem, dort in der Sprache des Emanationssystems gegebenen, Hauptschluss, dass im Innern des Sonnenspectrums ein und dieselben Theilchen nicht zugleich die beiden Wirkungen des Lichts und der Wärme hervorbringen können. Der einzige Zweck übrigens, den ich bei meinen Untersuchungen über die strahlende Wärme verfolge, ist das Studium der Gesetze und der Eigenschaften dieses Wesens. Niemals werde ich so animosend seyn, durch irgend ein Resultat die Anhänger der Wärmewellen oder Wärmetheilchen zittern machen zu wollen. Ich selbst zittere eher davor, durch vorgefasste Meinungen die Wahrheit der Erscheinungen zu verkennen, und ich glaube nicht, dass Jemand gegen eine so heilsame Furcht etwas einzuwenden habe; allein ich bekenne, dass jede andere Besorgniß mir kaum philosophisch zu seyn scheint.

---

**II. Ueber die Erklärung verschiedener Erscheinungen des Lichts nach der Wellenlehre. Drei Briefe des Herrn Cauchy an Herrn Ampère<sup>1</sup>).**

(*Compt. rend. hebdom.* 1836, pt. I p. 182. 207 und 364)

**1) Erster Brief.**

Die sieben ersten Lieferungen meiner »*Nouveaux exercices*« enthalten die Fortsetzung meiner Abhandlung über die Dispersion des Lichts; einige andere beziehen sich auch auf denselben Gegenstand. Im §. 3 p. 34 und 35 habe ich angegeben, welche Bedingungen zur gleichen allseitigen Fortpflanzung des Lichts nothwendig und hinrei-

1) Diese Briefe an den nunmehr verstorbenen Ampère bilden mit den folgenden gleichsam einen Anhang zu dem, kürzlich auf Kosten der Königl. Gesellschaft zu Prag herausgegebenen Werk des Hrn. Cauchy: »*Mémoire sur la dispersion de la lumière*« (einem Quartband von 234 Seiten), wo derselben p. 204 gedacht wird. Da sie geeignet sind, die Wichtigkeit der analytischen Untersuchungen des Verfassers fühlbar zu machen, andererseits auch einige, selbst für den experimentirenden Physiker bemerkenswerthe Resultate einschliessen, so schien ihre Aufnahme in diese Annalen nicht unzweckmässig. Was übrigens jenes Werk selbst betrifft, so ist es keines zusammenhängenden Ausszugs fähig. Man muss es im Detail studiren, wenn man genau erfahren will, wie es Hrn. Cauchy durch Anwendung eines tiefen Caleuls gelungen ist, die von Fresnel zwar angedeuteten, aber nicht weiter verfolgten Ideen so auszubilden, dass dadurch nicht nur die bisherigen Haupteinwürfe gegen die Undulationstheorie gehoben, sondern auch neue Stützpunkte für dieselbe gewonnen wurden. Nur einige numerische Resultate sind für die Aufnahme in eine Zeitschrift geeignet, und diese werden wir nicht verfehlten, den Lesern nächstens mitzutheilen. Eine ungefähre Idee von den Untersuchungen des Hrn. Cauchy wird übrigens der in diesen Annalen, Bd. XXXVII S. 360, enthaltene Aufsatz des Hrn. Tovey gegeben haben.

P.

chend sind. Diese Bedingungen errichten numerische Verhältnisse zwischen gewissen dreifachen Summen und Summen bestimmter Differenzen, bestehend aus Gliedern, deren jedes abhängt: 1) vom gegenseitigen Abstande  $r$  zweier Aethertheilchen; 2) von den Winkeln  $\alpha, \beta, \gamma$  der Verbindungsline mit den Coordinataxen, und 3) von der Wirkung  $f(r)$  zweier Theilchen auf einander; auch liefern sie Mittel, die Summen, welche man in der Rechnung beibehält, von den Winkeln  $\alpha, \beta, \gamma$  zu befreien. Diese Bedingungen als erfüllt angenommen, erhält man für alle Mittel eine erste Annäherung für die Bewegungen des Aethers, und man findet, dass die Dauer  $T$  einer Molecular-Oscillation für eine gegebene Farbe oder das Verhältniss  $s = \frac{2\pi}{T}$  verknüpft ist mit der Dicke  $l$  einer ebenen Welle oder dem Verhältniss  $k = \frac{2\pi}{l}$  durch eine Gleichung dritten Grades in  $s^2$  mit zwei gleichen und einer einfachen Wurzel, welche alle in Reihen, nach steigenden Potenzen von  $k^2$  entwickelbar sind. Für eine gegebene Farbe, d. h. für einen gegebenen Werth von  $s$ , dient diese Gleichung zur Bestimmung der Wellenlänge oder des Werthes von  $k$  und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts oder  $\Omega = \frac{s}{k}$ .

Andererseits werden die erwähnten Bedingungen immer erfüllt, wenn die doppelten Summationen in Bezug auf die Winkel umgewandelt werden können in doppelte Integrationen unendlich kleiner Differenzen. Es ist also natürlich zu glauben, dass man für die Bewegungen des Aethers in allen Mitteln eine erste Annäherung und wahrscheinlich die Gesetze seiner Bewegung im Vacuo mit einer grossen Genauigkeit erhalten werde, wenn man die dreifachen Summen bestimmter Differenzen in dreifache Integrale unendlich kleiner Differenzen umwandelt. In der Reihe, welche die Entwicklung der doppelten Wur-

zel der Gleichung dritten Grades darstellt, wird dann der Coëfficient von  $k^2 n$  ein einfaches Integral in Bezug auf  $r$ , und er reducirt sich sogar auf eine Constante, multiplizirt mit dem Unterschiede zwischen den beiden Werthen, welche das Product  $r^{2n+2}f(r)$  annimmt, wenn man der Entfernung  $r$  successiv die Werthe Null und unendlich giebt.

Dieß gesetzt, verschwindet das Phänomen der Dispersion, wenn das besagte Product für einen unendlichen Werth von  $r$  immer erlischt, und sich für  $n=1$  und  $r=0$  auf eine von der Null verschiedene Constante reducirt. Dieß ist z. B. der Fall, wenn die Function  $f(r)$  von der Form  $\frac{A}{r^4} e^{-hr}$  ist, und  $h$  einen positiven Werth besitzt. Ueberdieß muss, damit das Verhältniss  $\frac{k^2}{s^2}$  positiv bleibe, die Constante  $A$  negativ seyn, d. h. die Aethertheilchen müssen sich abstossen.

Mithin geben unsere Formeln, übereinstimmend mit der Erfahrung, im Vacuo eine gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit für alle Farben, wenn die gegenseitige Wirkung zweier Aethertheilchen eine Kraft ist, welche, bei einer beträchtlichen Nähe dieser Moleküle, *abstosend wirkt, und zwar umgekehrt proportional der vierten Potenz des Abstandes.*

Schon in den alten »*Exercices*,« Vol. III p. 203, hatte ich, bei Betrachtung der Bewegung eines Systems von materiellen Punkten bemerkt, dass man das Product  $r^4 f(r)$  mit  $r$  als Null annehmen müsse, um die Glieder verschwinden zu machen, welche Hr. Navier in den Gleichungen für die elastischen Körper beibehalten hatte. Meine neuen Untersuchungen müssen glauben machen, dass dieses Product nicht verschwindet mit  $r$  in dem Aetherfluidum. Wahrscheinlich verschwindet es auch nicht mit  $r$  in starren Körpern; und daraus folgt, dass

man die Bewegung elastischer Körper mit einer für sehr viele Fälle hinreichenden Annäherung berechnen kann, wenn man, mit Hrn. Navier, die Summen bestimmter Differenzen in Integrale unendlich kleiner Differenzen verwandelt.

Verwandelt man die auf die Winkel bezüglichen Summen nicht mehr in Integrale unendlich kleiner Differenzen, so werden die beiden gleichen Wurzeln der Gleichung zweiten Grades im Allgemeinen ersetzt durch zwei von einander verschiedene Wurzeln, und man erhält die Erscheinungen der Polarisation und Doppelbrechung, wie man in den schon publicirten Paragraphen meiner Abhandlung gesehen hat. Allein man kann die darin enthaltenen Resultate noch verallgemeinern, wenn man die Formeln (24) des §. 2 entwickelt, und nicht mehr vernachlässigt die Summen derjenigen Glieder, welche zugleich mit dem Cosinus der drei Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  das Zeichen wechseln. Die Wurzeln der Gleichung dritten Grades, in Reihen entwickelt, enthalten dann ungerade Potenzen von  $k$  multiplizirt mit  $\sqrt{-1}$ , und in Folge desw. wird der Werth von  $k$ , welcher einem gegebenen Werth von  $s^2$  entspricht, zum Theil imaginär, und negative Exponentialgrößen, eingeführt als Factoren in die Werthe der Molecular-Verschiebungen, können machen, daß diese sehr rasch abnehmen, und in einem mehr oder weniger bedeutenden Abstande von der Oberfläche des brechenden Mittels unmerklich werden. Wenn dieser Abstand vergleichbar ist mit den Wellenlängen wird das Mittel undurchsichtig.

Da ferner die Coëfficienten von  $r$  in den negativen Exponentialgrößen eine Function von  $k$  sind, so variiren sie mit den Farben, so wie bei dem Uebergang vom ordentlichen Strahl zum außerordentlichen. So verallgemeinert repräsentiren unsere Formeln die Phänomene der Absorption des Lichts oder gewisser Strahlen in farbigen Gläsern, im Turmalin u. s. w., die Phänomene der Cir-

cularpolarisation beim Bergkristall, Terpenthinöl u. s. w. Sie dienen sogar zur Bestimmung der Bedingungen und der Gesetze dieser Erscheinungen. Sie zeigen, dass allgemein in einem polarisierten Lichtstrahl jedes Aethertheilchen eine Ellipse beschreibt. In gewissen besonderen Fällen verwandelt sich diese Ellipse in eine Gerade, und dann hat man die geradlinige Polarisation. Ueberdies, wenn der Coefficient von  $r$  in den negativen Exponentialgrössen verschieden ist von Null, nehmen die von den verschiedenen Theilchen beschriebenen Ellipsen mit steigenden Werthen von  $r$  immer mehr und mehr ab, und wenn diese Werthe in arithmetischer Progression wachsen, nimmt die Intensität des Lichts in geometrischer Progression ab. Endlich beweist die Rechnung, dass die Polarisation der vom Terpenthinöl u. s. w. und vom Bergkristall parallel der Axe durchgelassenen Strahlen nicht genau circular ist, sondern elliptisch nach einer sehr wenig vom Kreise abweichenden Ellipse.

## 2) Zweiter Brief.

Wenn die Fortpflanzung des Lichts nach allen Richtungen gleich ist, so liefert die Gleichung dritten Grades zwischen der den Schwingungszeiten der Aethertheilchen umgekehrt proportionalen Grösse  $s$  und der den Wellenlängen umgekehrt proportionalen Grösse  $k$ , wenn sie in Bezug auf  $s^2$  aufgelöst wird, zwei gleiche und eine einfache Wurzel. Nun finde ich, dass es, statt diese Wurzeln in Reihen zu entwickeln, bequem ist, sie in geschlossener Form darzustellen. Nennt man dann  $r$  den gegenseitigen Abstand zweier Moleküle und  $f(r)$  ihre Wirkung auf einander, und verwandelt die dreifachen Summen in Integrale, so finde ich, dass die doppelte Wurzel dargestellt werden kann durch die Summe zweier Glieder, eines constanten und eines mit  $k^2$  proportionalen. Das constante Glied hat zum Factor den äußersten Werth des Products  $r^2 f(r)$ , entsprechend einem unend-

lichen Werth von  $r$ . Das zweite Glied hat zum Factor den Werth des Products  $r^n f(r)$ , entsprechend  $r=0$ . Daraus folgt, dass die doppelte Wurzel oder der erste Werth von  $s^2$  in zwei Hypothesen verschwindet, nämlich: 1) Wenn  $r^n f(r)$  sich für  $r=0$  auf eine geschlossene Constante reducirt; 2) wenn  $r^2 f(r)$  sich für  $r=\infty$  auf eine geschlossene Constante reducirt. Die erste Bedingung wird erfüllt, wenn man hat:

$$f(r) = \frac{A}{r^n} e^{-nr},$$

oder selbst wenn man sie  $=0$  reducirt annimmt:

$$f(r) = \frac{A}{r^n}.$$

Die zweite Bedingung wird erfüllt, wenn man hat:

$$f(r) = \frac{A}{r^2}.$$

Die erste Hypothese scheint mir die Bewegungen des Aethers im Vacuo auszudrücken. Ob die zweite die Molecularbewegungen wägbarer Körper vorstelle, werde ich späterbin untersuchen. In beiden Hypothesen bleiben die Glieder stehen, welche Hr. Navier in den Gleichungen für die Bewegung der Körper beibehalten hat, wie ich bereits in meinem letzten Briefe sagte. Zu bemerken ist jedoch, dass die Verhältnisse zwischen den Coëfficienten, wie es scheint, verschieden sind von denen, welche den elastischen Körpern zuzukommen scheinen. Ueberdies muss man bei der ersten Hypothese für den Anfang eines gewissen auf  $r$  bezüglichen Integrals nicht genau einen Werth von  $r$  gleich Null nehmen, sondern den Abstand der nächsten Moleküle; sonst wird dieses Integral, welches sich übrigens nur in dem zweiten Werth von  $s^2$  vorfindet, unendlich. Was diesen zweiten Werth von  $s^2$  betrifft, so wäre es interessant zu untersuchen, ob er nicht die Bewegung der Wärme repräsentiren könnte.

## 3) Dritter Brief.

Die allgemeinen Formeln, zu denen ich bei meinen neuen Untersuchungen über die Theorie des Lichts gelangt bin, liefern nicht bloß die Gesetze der Fortpflanzung des Lichts im Vacuo und in verschiedenen durchsichtigen Mitteln, wie ich Ihnen in meinen Briefen vom 12. und 19. Februar meldete, oder die Gesetze der Reflexion und der Refraction an der Oberfläche durchsichtiger Körper, wie ich in zwei Briefen an Hrn. Libri vom 19. und 28. März gezeigt habe <sup>1</sup>), sondern sie sind auch anwendbar auf die Fortpflanzung des Lichts in dem der Oberfläche benachbarten Theil eines undurchsichtigen Körpers, und auf die Reflexion des Lichts an einem solchen Körper. Ueberdiess weiss man, dass, wenn Licht aus einem brechenden Mittel in ein anderes, weniger brechendes übergeht, dieses letztere opak wird für die Strahlen, welche seine Oberfläche unter einem solchen Winkel treffen, dass das Complement  $\tau$ , d. h. der Einfallswinkel grösser wird als eine äusserste Gränze, welche man den Winkel der totalen Reflexion nennt. In meinem letzten Briefe an Hrn. Libri habe ich auf die erstaunliche Vervielfältigung des Lichtes aufmerksam gemacht <sup>2</sup>), welche eintritt im Moment, wo der Winkel  $\tau$  auf dem Punkte steht, diese Gränze zu erreichen; und ich habe die Formeln gegeben, welche, wenn das einfallende Licht geradlinig polarisirt ist, die Intensität des gebrochenen bestimmt, eben so wie die Intensität des

1) S. 48 u. ff.

2) Diese Vervielfältigung des Lichts hat ebenfalls, obwohl in einem schwächeren Grade statt, wenn man einen Strahl betrachtet, welcher, nachdem er, senkrecht gegen eine erste Fläche, in ein Glasprisma eingetreten ist, an einer zweiten Fläche total reflectirt wird und senkrecht gegen eine dritte Fläche zum Prisma austritt. Dies kann schon aus den Formeln von Young, Poisson und Fresnel gefolgert werden.

reflectirten Lichts mit den Bewegungen der Polarisationsebenen. Allein diese Formeln, von denen drei mit denen von Fresnel und Brewster zusammenfallen, so wie die daraus entspringenden Gesetze, welche mit geringeren Modificationen in Deren Angabe subsistiren, sobald die Polarisation elliptisch oder circular wird, beziehen sich alleinig auf den Fall, wo das brechende Mittel in Bezug auf den einfallenden Strahl nicht die Rolle eines opaken Körpers spielt, d. h. (wenn das zweite Mittel weniger brechend als das erste ist) auf den Fall, wo der Einfallswinkel kleiner ist als der Winkel der totalen Reflexion. Die Resultate, welche ich für den entgegengesetzten Fall erhalten habe, scheinen mir interessant genug, daß Sie es verzeihen werden, wenn ich sie hier auseinandersetze, und Sie bitte meinen Brief der Academie mitzutheilen.

Gesetzt ein polarisirter Lichtstrahl falle auf die Trennungsfläche zweier Mittel, von denen das erste das brechendere sey, und der Einfallswinkel sey grösser als der Winkel der totalen Reflexion. Nennt man  $\tau$  den Einfallswinkel,  $\frac{1}{\vartheta}$  das Verhältniss, welches zwischen dem Einfalls- und dem Brechungswinkel besteht, ehe der gebrochene Strahl verschwindet, endlich  $l = \frac{2\pi}{K}$  und  $l' = \frac{2\pi}{K'}$  die Dicken, welche eine Lichtwelle im ersten und im zweiten Mittel erlangt, so hat man:

$$\vartheta = \frac{K}{K'} = \frac{l'}{l} \quad \dots \quad (1)$$

und wenn man überdiess setzt:

$b = \vartheta \sin \tau \dots \quad (2)$ ;  $a = \sqrt{b^2 - 1} \dots \quad (3)$   
so wird die Intensität des Lichts im zweiten Mittel, in dem Abstande  $x$  von der Trennungsfläche, proportional der negativen Exponentialgrösse  $e^{-aK'x}$ . Wird  $\tau$  zum Winkel der totalen Reflexion, so hat man:

$$\sin \tau = \frac{1}{\vartheta} ; b=1 ; a=0 ; e^{-aK'x}=1$$

und das gebrochene Licht hat eine grosse Intensität. Wenn aber  $\tau$  von der eben angegebenen Gränze wächst, so erlöscht das Licht in einem Abstande, der mit der Dicke  $l'$  der Wellen, die das zweite Mittel durchlassen kann, vergleichbar und desto geringer ist als  $a$  gröfser. Setzt man  $\tau = \frac{1}{2}\pi$ , so erreicht  $a$  seine obere Gränze  $\sqrt{\vartheta^2 - 1}$ . Ueberdiess ersetzt die durch die Formel (2) bestimmte Grösse  $b$  hier den Refractionssinus, mit welchem sie zusammenfällt, wenn man hat  $\sin \tau = \frac{1}{\vartheta}$ . Betrachten wir jetzt das reflectirte Licht.

Der einfallende Strahl, welchen wir als nach irgend einer Richtung geradlinig polarisirt annehmen, kann ersetzt werden durch ein System von zwei unter sich rechtwinklich polarisirten Strahlen, einem nach der Einfallsebene, und einem darauf senkrecht polarisirten. Wir wollen diese letzteren Strahlen componirende nennen. Nach der Reflexion wird jeder dieser Strahlen die ihm eigene Intensität bewahren, und wenn überdiess der Winkel  $\tau$  sich auf den Winkel der totalen Reflexion reducirt, so ist der Gang der Wellen in beiden derselbe vor und nach der Reflexion. Wenn aber  $\tau$  gröfser wird als der Winkel der totalen Reflexion, dann verschiebt die Reflexion, in jedem der componirenden Strahlen, alle Wellen, sie schiebt jede derselben vorwärts um eine gewisse Strecke, die ihre obere Gränze erreicht, und einer halben Wellen-Dicke oder  $\frac{\pi}{K}$  gleich wird, wenn  $\sin \tau = 1$ , d. h. wenn der einfallende Strahl einen unmerklich kleinen Winkel mit der Trennungsfläche beider Mittel macht. Bleibt  $\sin \tau$  zwischen den Gränzen  $\frac{1}{\vartheta}$  und  $1$ , so ist die besagte Strecke im Allgemeinen nicht dieselbe in den beiden componirenden Strahlen. Bezeichnet man dann diese Strecke

für den senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirten Strahl mit  $\frac{\mu}{K}$  und für den parallel mit dieser Ebene polarisirten Strahl  $\frac{\nu}{K}$ , so findet man:

$$\tan \frac{\mu}{2} = \vartheta \cdot \frac{a}{\cos \tau} \dots \dots \dots (4); \quad \tan \frac{\nu}{2} = \frac{1}{\vartheta} \cdot \frac{a}{\cos \tau} \dots \dots \dots (5)$$

folglich:

$$\tan \frac{\mu}{2} = \vartheta^2 \tan \frac{\nu}{2} \dots \dots \dots (6)$$

Bezeichnet man dann durch  $\omega$  den Winkel der totalen Polarisation eines partiell reflectirten Strahls und setzt demgemäß:

$$\tan \omega = \frac{1}{\vartheta} \dots \dots \dots (7)$$

so ergiebt sich aus der Gleichung (6)

$$\sin \frac{1}{2}(\mu - \nu) = \cos 2\omega \sin \frac{1}{2}(\mu + \nu) \dots \dots \dots (8)$$

und aus den Gleichungen (4) und (5) addirt zu denen (2) und (3):

$$\left. \begin{aligned} \cos^2 \tau &= \frac{\sin \frac{1}{2}(\mu - \nu) \cos \frac{1}{2}\nu}{\sin \frac{1}{2}\mu} \\ \sin^2 \tau &= \frac{\cos \frac{1}{2}(\mu - \nu) \sin \frac{1}{2}\nu}{\sin \frac{1}{2}\mu} \\ \tan^2 \tau &= \frac{\tan \frac{1}{2}\nu}{\tan \frac{1}{2}(\mu - \nu)} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

Aus der Gleichung (8) folgt, dass die Gangverschiedenheit der beiden componirenden Strahlen oder die Grösse:

$$\frac{\mu - \nu}{K} \dots \dots \dots (10)$$

ihr Maximum erreicht, wenn die Summe  $\mu + \nu$ , welche zwischen den Gränzen  $0$  und  $2\pi$  variirt, ihren mittleren Werth  $\pi$  erreicht, d. h. wenn man hat:

$$\mu + \nu = \pi \dots \dots \dots (11)$$

Alsdann geben die Formeln (4):

$$\tan \frac{1}{2}\mu = \vartheta, \tan \frac{1}{2}\nu = \frac{1}{\vartheta}, a = \cos \tau \dots (12)$$

folglich:

$$\mu > \frac{1}{2}\pi, \nu < \frac{1}{2}\pi \dots \dots \dots (13)$$

und da man zufolge der Gleichung (11) haben muss:

$$\mu - \nu < \pi \dots \dots \dots (14)$$

so führt die Formel (8), reducirt auf:

$$\sin \frac{1}{2}(\mu - \nu) = \cos 2\omega \dots \dots \dots (15)$$

zu folgender:

$$\mu - \nu = \pi - 4\omega \dots \dots \dots (16)$$

woraus, bei Combination mit der Gleichung (7), sich ergiebt:

$$\vartheta = \cos \frac{1}{4}(\pi - (\mu - \nu)) \dots \dots \dots (17)$$

Die Combination der ersten der Gleichungen (9) mit den Formeln (11) und (15) gibt:

$$\cos^2 \tau = \cos 2\omega \dots \dots \dots (18)$$

Aus der Bedingung (14) folgt, dass nach einer einzigen Reflexion der Gangunterschied der beiden Strahlen oder der Ausdruck (10) niemals die halbe Dicke einer Welle oder die Länge einer halben Undulation erreichen kann; sollte sie eine Viertel-Undulation erreichen, müfste der Maximum-Werth von  $\mu - \nu$  gleich oder grösser seyn als  $\frac{1}{2}\pi$ ; und folglich müfste dann, gemäss der Gleichung (17) der Werth von  $\vartheta$  gleich oder grösser seyn als der, bedingt durch die Formel:

$$\vartheta = \cot \frac{1}{8}\pi = 2,4142 \dots \dots \dots (19)$$

Diesen letzten Werth von  $\vartheta$  angenommen, ergiebt sich aus den Formeln (16) und (18):

$$\omega = \frac{1}{8}\pi \quad \cos \tau = \sqrt{\cos \frac{1}{4}\pi} = 2^{-\frac{1}{4}} \quad \tau = 32^\circ 46' \dots (20)$$

Vorausgesetzt nun, die Intensitäten der componirenden Strahlen seyen gleich, oder, was auf dasselbe hinausläuft, der ursprüngliche Strahl sey unter  $45^\circ$  gegen die Eintrittsebene polarisiert, so erhält man die Circular-polarisation durch eine einzige Reflexion bei  $32^\circ 46'$ . Nun ist der durch die Formel (19) gegebene Werth

von  $\vartheta$  sehr nahe der, welche den wenigst brechbaren Diamanten entspricht. Folglich muss man, um durch eine einzige totale Reflexion die Circularpolarisation zu erhalten, einen Körper anwenden, dessen Brechungsverhältniss gleich oder grösser sey als der des Diamants. Wendet man einen Körper mit einer weniger starken Brechkraft an, so können zwei totale Reflexionen unter einem gewissen Winkel die Circularpolarisation erzeugen, sobald das Brechungsverhältniss gleich oder grösser ist als der Werth von  $\vartheta$ , welchen die Gleichung (17) liefert, wenn man darin setzt:  $\mu - \nu = \frac{1}{4}\pi$ . Alsdann zieht man aus den Formeln (17) und (18):

$$\vartheta = \cot \frac{3}{16}\pi = 1,4966 \dots \dots \dots \quad (21)$$

$$\tau = 51^\circ 47' \dots \dots \dots \quad (22)$$

Der obige Werth von  $\vartheta$  ist etwas geringer als der dem gewöhnlichen Glase angehörende. Zwei Reflexionen an der Oberfläche von Glas oder einem stärker brechenden Mittel können also Circularpolarisation erzeugen, wenn bei diesen beiden Reflexionen die beiden reflectirenden Oberflächen parallel sind, und wenn überdies der Winkel  $\tau$  einen bestimmten Werth hat, welcher, für Glas, wenig von  $52^\circ$  abzuweichen braucht.

Ueberhaupt, unterwirft man einen polarisirten Strahl einer Reihe totaler Reflexionen an verschiedenen Oberflächen, die alle senkrecht liegen gegen die Einfallsebene, welche auch die Ebene der successiven Reflexionen ist, bestimmt für die erste Oberfläche die Werthe der Winkel  $\mu$ ,  $\nu$  mittelst der Formeln (4) und (5), und nennt  $\mu'$ ,  $\nu'$ ,  $\mu''$ ,  $\nu'' \dots$  was bei der zweiten, dritten ... Reflexion aus den Winkeln  $\mu$ ,  $\nu$  wird, so wird der Gangunterschied zwischen den beiden componirenden Strahlen ausgedrückt durch das Verhältniss;

$$\left. \begin{aligned} & \frac{\mu + \mu' + \mu'' \dots - (\nu + \nu' + \nu'' \dots)}{K} \\ & = \frac{\mu + \mu' + \mu'' \dots - (\nu + \nu' + \nu'' \dots)}{\pi} \cdot \frac{l}{2} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Dieses Verhältniss ist Null oder ein Multiplum von  $\frac{1}{4}\pi$ , oder, in anderen Worten, wenn die Summe:

$$\mu + \mu' + \mu'' \dots - (\nu + \nu' + \nu'' \dots) \dots \quad (24)$$

sich auf Null oder ein Multiplum von  $\pi$  reducirt, so wird das System der beiden componirenden Strahlen zuletzt einen reflectirten Strahl erzeugen, der dem einfallenden ähnlich ist. Wenn die Summe (24) zum Product von  $\frac{1}{4}\pi$  in eine ungerade Zahl wird, und überdies der einfallende Strahl unter  $45^\circ$  gegen die Einfallsalebene polarisirt ist, so wird der reflectirte Strahl circular polarisirt seyn. In allen anderen Fällen ist der Strahl elliptisch polarisirt, d. h. die Curve, welche jedes Aethertheilchen in diesem Strahl beschreibt, ist eine Ellipse. Sind alle reflectirenden Flächen einander parallel und von gleicher Natur, geschehen überdies alle Reflexionen unter gleichem Winkel, so reducirt sich die Grösse (24), wenn man  $n$  die Anzahl der Reflexionen nennt, auf das Product:

$$n(\mu - \nu) \dots \dots \dots \quad (25)$$

Dieses Product hängt von dem Winkel  $\tau$  ab, und erreicht sein Maximum für den durch die Formel (18) bestimmten Werth von  $\tau$ . Dieses Maximum beträgt für Glas ungefähr:

$$\frac{1}{4}n\pi \dots \dots \dots \quad (26)$$

Wendet man also gewöhnliches Glas an, so muss man den einfallenden Strahl wenigstens zwei totale Reflexionen erleiden lassen, um Circularpolarisation zu erzeugen, und wenigstens wiederum zwei, um diese zu zerstören. Soll überdies die Circularpolarisation durch die beiden ersten Reflexionen erzeugt werden, so muss nicht nur der Einfallswinkel etwa  $52^\circ$  betragen, sondern auch der einfallende Strahl unter  $45^\circ$  gegen die Einfallsalebene polarisirt seyn. Nach vier Reflexionen wird der reflectirte Strahl seinerseits unter  $45^\circ$  gegen die Einfallsalebene polarisirt seyn, aber nach der andern Seite. Acht totale Reflexionen unter der Incidenz von  $52^\circ$  führen die

Polarisationsebenen wieder auf dieselbe Seite zurück. Ist der einfallende Strahl nicht mehr unter  $45^\circ$  gegen die Einfallsebene polarisiert, sondern nach irgend einer anderen Ebene, so geben vier totale Reflexionen unter  $52^\circ$  einen reflectirten Strahl, der dem einfallenden ähnlich ist, und die Polarisationsebenen der äussern Strahlen, des einfallenden und des reflectirten, bilden noch gleiche Winkel mit der Einfallsebene, liegen aber in Bezug auf diese nach entgegengesetzten Seiten. Uebrigens könnte man dasselbe durch fünf, sechs . . . totale Reflexionen bewirken, wenn man den Werth des Einfallswinkels veränderte; und eben so könnte man die Circularpolarisation mittelst drei, vier . . . totale Reflexionen erlangen. Will man sie z. B. durch drei totale Reflexionen, unter gleichem Einstell, erhalten, so bestimmt man die Winkel  $\mu$  und  $\nu$  mittelst der Formel (8), verknüpft mit der:

$$\mu - \nu = \frac{1}{6}\pi = 30^\circ \dots \dots \dots \quad (27)$$

dann den Winkel  $\tau$  mit Hülfe einer der Formeln (9). Wendet man ein Glas an, dessen Brechungsverhältniss  $\vartheta = 1,52$ , so findet man successiv:

$$\omega = 33^\circ 20' 30'' \quad \sin \frac{1}{2}(\mu + \nu) = 0,65368$$

$$\frac{1}{2}(\mu + \nu) = 90^\circ \pm 49^\circ 10' 50''$$

und folglich:

$$\mu = 55^\circ 49' 10'' \quad \nu = 25^\circ 49' 10''$$

oder auch:

$$\mu = 154^\circ 10' 50'' \quad \nu = 124^\circ 10' 50''$$

dann gibt die letzte der Formeln (9):

$$\tau = 42^\circ 24' \text{ und } \tau = 69^\circ 21' 40'.$$

Mithin kann die Circularpolarisation erhalten werden mittelst drei totaler Reflexionen bei einem dieser beiden letzten Winkel, deren halbe Summe beinahe gleich ist dem Winkel, unter welchem dieselbe Art von Polarisation durch bloß zwei Reflexionen erfolgt. Uebrigens sind alle eben angezeigten Resultate übereinstimmend mit den Rechnungen und Versuchen von Fresnel. Eliminiert man überdies die Grössen  $a$ ,  $b$ ,  $\frac{1}{2}(\mu + \nu)$  zwischen

den Formeln (2), (3), (4), (5), so erhält man,  $\mu - \nu = \delta$  gesetzt, die Formel:

$$\cos \delta = \frac{2\vartheta^2 \sin^4 \tau - (\vartheta^2 + 1) \sin^2 \tau + 1}{(\vartheta^2 + 1) \sin^2 \tau - 1} \dots (28)$$

Diese letztere Gleichung ist nun genau dieselbe, welche Fresnel erhielt, als er, wie er bemerkt, untersuchte, was die Analyse sagen wolle mit diesen zum Theil imaginären Formen, welche die Coëfficienten der Oscillationsgeschwindigkeiten, bestimmt in der Hypothese einer partiellen Reflexion, für den Fall der totalen Reflexion annehmen. Diese nämliche Gleichung, welche Fresnel durch verschiedene Versuche bestätigt hat, und zu Gunsten welcher, nach einem Ausdruck dieses berühmten Physikers, sich bereits theoretische Wahrscheinlichkeiten erhoben, ist, wie man sieht, eine nothwendige Folgerung aus den Formeln, welche wir aufgestellt haben.

Geschehen die beiden Reflexionen unter gleichem Winkel und sind die beiden Einfallsebenen senkrecht auf einander, so hat man offenbar  $\mu' = \nu$  und  $\nu' = \mu$ ,  $\mu + \mu' - (\nu + \nu') = 0$ . Mithin wird dann, nach der zweiten Reflexion, der reflectirte Strahl dem eingeschlagenen ähnlich.

Die angewandte Analyse zeigt ferner, dass die Werthe von  $\mu$  und  $\nu$  gleich bleiben, wenn der ursprüngliche Strahl, statt geradlinig polarisiert zu seyn, circular oder elliptisch polarisiert ist.

Schliefslich muss ich eine Bemerkung machen in Bezug einer Aeuferung in meinem letzten Briefe an Hrn. Libri, nämlich, dass die auf die Einfallsebene senkrechten Vibrationen durch die Reflexion in andere derselben Art, aber von entgegengesetzter Richtung verwandelt werden u. s. w. Dies ist von dem Fall zu verstehen, wo das zweite Mittel brechender ist als das erste, also  $\tau > \tau'$ , wie man durch einen Blick auf die Formeln (1) und (2) jenes Briefes ohne Mühe ersieht. Uebrigens stimmen alle Folgerungen, welche man hinsichtlich der Zeichen aus diesen beiden Formeln ableiten

kann, mit den Schlüssen aus den Formeln von Young, Poisson, Fresnel u. s. w. überein, so wie auch mit der von dem Phänomen der Farbenringe gegebenen Erklärung. In jenem Briefe habe ich auch gesagt, dass die Intensität des von einem Prisma durchgelassenen Lichts ihr Maximum erreiche, sobald der ausfahrende Strahl senkrecht gegen die Austrittsebene polarisiert sey. Ein von Hrn. Professor Hefsl er in Grätz angestellter Versuch hat die Richtigkeit dieses Satzes bestätigt.

---

### III. Ueber die Theorie des Lichts. Fünf Briefe des Hrn. Cauchy an Hrn. Libri.

(*Compt. rend. hebdom.* 1836, I, No. 14, p. 341, No. 18 p. 427,  
No. 19 p. 455.)

---

Nach den Grundsätzen, welche ich in meinem »*Mémoire sur la Dispersion*« entwickelt habe, werden die Bewegungen des Aethers für einen einfachen Strahl einer gegebenen Farbe allgemein durch die Formeln (24) des §. 2 jener Abhandlung ausgedrückt. Wenn in diesen Formeln die Derivirten erster Ordnung der Molecular-Verschiebungen  $\zeta$ ,  $\eta$ ,  $\varrho$  verschwinden, d. h. wenn die Coëfficienten dieser Derivirten sich auf Null reduciren, so erhält man die Formeln (25) und in Folge defs die Formeln (34), (35) desselben Paragraphs. Die letzte dieser Formeln, oder die Gleichung (35) ist eine Gleichung dritten Grades in  $s^2$  und direct zur Bestimmung des Verhältnisses  $s = \frac{2\pi}{K}$ , oder vielmehr der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten  $\Omega = \frac{s}{K} = \frac{l}{T}$  in Function von  $K$  und den Cosinus  $a, b, c$  der Winkel, gebildet von dem Perpendikel der Wellenebene mit den Coordinataxen (T

( $T$  ist die Dauer einer Vibration und  $l = \frac{2\pi}{K}$  die Dicke einer ebenen Welle). Aus dieser Gleichung dritten Grades in  $s^2$  leite ich nun sehr einfach eine zweite Gleichung desselben Grades ab, die allemal mit der ersten verifizirt werden muss, wenn zwei von deren Wurzeln einander gleich werden. Dies erlaubt, die beiden optischen Axen, d. h. die Richtungen, welche in einem doppeltbrechenden Mittel der ordentliche Strahl einschlagen muss, um mit dem außerordentlichen zusammenzufallen, mit grosser Genauigkeit festzusetzen. Die Wurzeln der neuen Gleichung dritten Grades sind, wie die der ersten, Functionen von  $K, a, b, c$ . Nun braucht man nur anzunehmen, dass diese Functionen unabhängig werden von  $a, b, c$ , und überdiess nur die Entwicklungen der Unbekannten in Reihen nach steigenden Potenzen von  $K$  auf ihre ersten Glieder zu reduciren, um ganz ähnliche Formeln, wie ich in der 51. Lieferung meiner älteren »Exercices« gab, zu finden, und folglich auf die Theoreme von Fresnel über die Doppelbrechung, über die Wellenfläche u. s. w. zurückzukommen. Indes ist hier nothwendig eine Bemerkung zu machen.

Wenn die Wellenebene zusammenfällt mit einer der Hauptebenen in einem Molecular-System, welches drei rechtwinklige Elasticitätsachsen darbietet, so kann die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Strahls, der parallel einer dieser Axen polarisiert ist (siehe Liefr. 51 p. 69 und 70), die Quadratwurzel seyn von einer der folgenden sechs Grössen:

$$\begin{array}{lll} R+H & P+J & Q+G \\ Q+J & R+G & P+H \end{array}$$

Nach den Formeln von Fresnel würden diese sechs Grössen sich auf drei reduciren, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten bei zwei senkrecht gegen eine und dieselbe Axe polarisierten Strahlen immer gleich sind. Dies kann nun auf zwei Weisen geschehen, ohne dass  $P, Q,$

$R$  verschwinden, und dies geschieht wirklich, 1) wenn die Bedingungen  $G=0$ ,  $H=0$ ,  $J=0$  erfüllt sind, die Vibrationen der Moleküle also in den Ebenen geschehen, die man gewöhnlich Polarisationsebenen nennt, weil alsdann  $P+J=P+H=P$ ; 2) wenn  $G$ ,  $H$ ,  $J$  nicht Null sind, die Geschwindigkeiten der Moleküle also senkrecht auf den Polarisationsebenen sind, man folglich zwischen den Größen  $P$ ,  $Q \dots G$ ,  $H \dots$  die Bedingungsgleichungen hat:

$R+H=Q+J$ ,  $P+J=R+G$ ,  $Q+G=P+H$ , von denen die beiden ersten die dritte nach sich ziehen. Ueberdies ergiebt sich aus den in meinem letzten Briefe auseinandergesetzten Grundsätzen, dass die Größen  $G$ ,  $H$ ,  $J$ , d. h. die Drucke für den natürlichen Zustand, nicht im Vacuo verschwinden. Man muss also der zweiten Hypothese den Vorzug geben vor der ersten, welche ich in der 51. Lieferung der »Exercices« entwickelt habe; und man muss also in dieser Lieferung für die Gleichung der Wellenfläche die Formel (240) nehmen, welche, vermöge der an dem letzten Orte angegebenen Bedingungen, selbst die Form der Gleichungen (218) und (219) annehmen kann. *Mithin hat Fresnel Recht zu sagen, nicht nur, dass die Vibrationen der Aethertheilchen im Allgemeinen in den Wellenebenen enthalten sind, sondern auch, dass die Polarisationsebenen senkrecht stehen auf den Richtungen der Geschwindigkeiten oder der Molecular-Verschiebungen.*

Zu diesem letzten Schluss gelange ich übrigens auf eine andere Weise, indem ich die Gesetze der Reflexion und Refraction mit Hülfe einer Methode entwickle, die in meiner Abhandlung entwickelt ist. Nennt man  $\tau$  den Einfallswinkel,  $\tau'$  den Refractionswinkel,  $J$ ,  $J_1$ ,  $J'$  die Intensitäten des Lichtes in dem einfallenden, dem zurückgeworfenen und dem gebrochenen Strahl, endlich  $i$ ,  $i_1$ ,  $i'$ , die Winkel der Polarisationsebenen dieser drei Strahlen mit der Einfallsebene, so finde ich:

$$\frac{J \cos i}{\sin(\tau + \tau')} = \frac{-J_1 \cos i_1}{\sin(\tau - \tau')} = \frac{J' \cos i'}{2 \sin \tau' \cos \tau}$$

$$\frac{J \sin i}{\sin(\tau + \tau') \cos(\tau + \tau')} = \frac{J_1 \sin i_1}{\sin(\tau - \tau') \cos(\tau + \tau')}$$

$$= \frac{J' \sin i'}{2 \sin \tau' \cos \tau}$$

### Zweiter Brief.

Da die Zeit mir nicht erlaubt hat, die beiden Formeln am Schlusse meines Briefes zu entwickeln, so beile ich mich Ihnen hierüber einige Erläuterungen zuzustellen, die ich Sie bitte in meinem Namen ebenfalls der Academie übersenden zu wollen.

Betrachten wir die Reflexion und Refraction von geradlinig polarisirtem Licht an der Trennungsfläche zweier Mittel, von denen keines doppelbrechend ist. Es seyen  $J$ ,  $J_1$ ,  $J'$ , die absoluten und grössten Verschiebungen oder vielmehr die grössten Geschwindigkeiten der Aethertheilchen in dem einfallenden, zurückgeworfenen und gebrochenen Strahl. Es seyen ferner  $i$ ,  $i_1$ ,  $i'$  die Winkel zwischen den Einfallsebenen und den Richtungen, in welchen besagte Verschiebungen geschehen, oder, mit anderen Worten, den Richtungen der Geschwindigkeiten der Theilchen. Endlich seyen  $\tau$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau'$  die Winkel der Incidenz, der Reflexion und Refraction.

Die neue Methode, durch welche ich die Gesetze der Reflexion und Refraction feststelle, liefern mir:

1) Die bekannten Gleichungen  $\sin \tau_1 = \sin \tau$ ,

$$\cos \tau_1 = -\cos \tau \text{ und } \frac{\sin \tau'}{\sin \tau} = \text{Constans.}$$

2) die beiden Formeln:

$$\frac{J \sin i}{\sin(\tau + \tau')} = \frac{-J_1 \sin i_1}{\sin(\tau - \tau')} = \frac{\vartheta J' \sin i'}{\sin 2\tau} \dots (1)$$

$$\frac{J \cos i}{\sin(\tau + \tau') \cos(\tau - \tau')} = \frac{J_1 \cos i_1}{\sin(\tau - \tau') \cos(\tau + \tau')} = \frac{\vartheta J' \cos i'}{\sin 2\tau} \dots (2)$$

worin  $\vartheta$  eine Grösse bezeichnet, welche von den Win-

keln  $\tau$ ,  $\tau'$  abhängen könnte, welche ich aber dem Brechverhältnis gleich finde, so dass man hat:

$$\vartheta = \frac{\sin \tau}{\sin \tau'}.$$

Es ist gut zu bemerken, dass die größten Geschwindigkeiten der Aethertheilchen, welche in den Formeln (1) und (2) durch  $J$ ,  $J_1$ ,  $J'$  ausgedrückt sind, oder vielleicht ihre Quadrate  $J^2$ ,  $J_1^2$ ,  $J'^2$  zur Messung der Lichtstärke in dem einfallenden, zurückgeworfenen und gebrochenen Strahl dienen können. Fügen wir hinzu, dass wenn man mit  $i$ ,  $i_1$ ,  $i'$  bezeichnete, nicht die Winkel der Einfallsebene mit den Richtungen der Verschiebungen der Aethertheilchen, sondern die derselben Ebene mit den Ebenen, welche man *Polarisationsebenen* nennt, und welche senkrecht sind auf jenen Richtungen, man alsdann in den Gleichungen (1) und (2) bei jedem der Winkel  $i$ ,  $i_1$ ,  $i'$  den Sinus und Cosinus gegen einander vertauschen müfste. Dies bringt die Gleichungen auf die Form zurück, unter welcher sie in meinem letzten Briefe aufgestellt sind.

Die Methode, durch welche ich zu den Gleichungen (1) und (2) gelange, ist nicht bloß anwendbar auf die Theorie des Lichts, sondern auf eine große Anzahl physikalisch-mathematischer Aufgaben. Sie nöthigt mich nicht mehr zu der Annahme, die ich früher in einem Artikel im *Bulletin des Sciences* gemacht hatte, dass die Dichtigkeit des Aethers dieselbe sey in allen Mitteln. Meine neuen Untersuchungen lassen im Gegentheil glauben, dass diese Dichtigkeit im Allgemeinen sich ändere beim Uebergange aus einem Mittel in ein anderes. Uebrigens weichen die Gleichungen (1) und (2) von denen, welche ich im erwähnten Artikel gab, nur durch den Werth von  $\vartheta$  ab, welcher sich in diesen Formeln nicht auf das constante Verhältnis  $\frac{\sin \tau}{\sin \tau'}$ , reducire, sondern auf das umgekehrte  $\frac{\sin \tau'}{\sin \tau'}$ .

Aus den Gleichungen (1) und (2) zieht man:

$$J_1^2 = \left[ \frac{\sin^2(\tau - \tau')}{\sin^2(\tau + \tau')} \sin^2 i + \frac{\tan^2(\tau - \tau')}{\tan^2(\tau + \tau')} \cos^2 i \right] J^2 \quad (4)$$

$$\cot i_1 = -\frac{\cos(\tau + \tau')}{\cos(\tau - \tau')} \cot i \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$J'^2 = \frac{\sin^2 2\tau}{\vartheta^2 \sin^2(\tau + \tau')} \left[ \sin^2 i + \frac{\cos i}{\cos^2(\tau - \tau')} \right] J^2 \dots \quad (5)$$

$$\cot i = \frac{1}{\cos(\tau - \tau')} \cot i \dots \dots \dots \quad (7)$$

Erinnert man sich, dass die Winkel, welche in vorstehenden Gleichungen durch  $i$ ,  $i_1$ ,  $i'$  bezeichnet wurden, die Complemente sind von denen, welche die Polarisationsebenen des einfallenden, zurückgeworfenen und des gebrochenen Strahls mit der Einfallsebene machen, so erkennt man sogleich, dass die Formeln (4) und (5) zusammenfallen mit denen, welche Fresnel für die Intensität des reflectirten Lichts und die Bewegung seiner Polarisationsebene aufgestellt hat, dass ferner die Formel (7) übereinkommt mit der von Brewster für die Bewegung der Polarisationsebene des gebrochenen Lichts. Ueberdiess folgt aus den Formeln (1), (2), (5), dass im Aether die auf der Einfallsebene senkrechten Vibratienen durch die Reflexion in andere Vibratienen von gleicher Art, aber von entgegengesetzter Richtung verwandelt werden, während die mit der Einfallsebene parallelen Vibratienen in andere umgewandelt werden, die, im Moment wo die Reflexion geschieht, bald in einem Sinne, bald im entgegengesetzten gerichtet sind, je nachdem die Summe des Einfalls- und des Brechungswinkels kleiner oder grösser ist als ein rechter Winkel. Wenn diese Summe genau einem rechten Winkel gleich wird, d. h. wenn der einfallende Strahl senkrecht steht auf dem gebrochenen, sind in dem reflectirten Strahl die Vibratienen immer senkrecht auf der Einfallsebene, oder, mit anderen Worten, ist das reflectirte Licht vollständig nach dieser Ebene polarisiert, wie Brewster gefunden hat.

Die Intensität des reflectirten Lichts oder die Grösse

$J_1^2$ , bestimmt durch die Formel (4), hängt von den durch die Gleichung (3) unter sich verknüpften Winkel  $\tau$ ,  $\tau'$  ab, und erreicht ihr Maximum, wenn das Product  $\cos \tau \cos \tau'$  verschwindet, d. h. wenn einer der Winkel  $\tau$ ,  $\tau'$  ein rechter wird. Alsdann geben die Formeln (4), (5):

$J_1^2 = J^2 \dots (8)$ ,  $\cot i' = \cot i \dots (9)$ ;  
 folglich hat das reflectirte Licht dieselbe Intensität wie  
 das einfallende, und ist nach derselben Ebene polarisiert.  
 Aus diesem Grunde sagt man, dass eine totale Reflexion  
 statt habe. Diese kann auf zweierlei Weisen eintreten:  
 1) wenn das zweite Mittel stärker brechend ist als das  
 erste, und der einfallende Strahl einen unendlich kleinen  
 Winkel mit der Trennungsfläche beider macht; 2) wenn  
 das zweite Mittel weniger brechend ist, und dieselbe Flä-  
 che einen unendlich kleinen Winkel macht nicht mit dem  
 einfallenden, sondern mit dem gebrochenen Strahl.

Die Formel (6) bedingt die Intensität  $J'^2$  des gebrochenen Lichts. Dies ist die einzige der vier Gleichungen, welche aus den (1) und (2) entspringen, deren Vergleichung mit der Erfahrung noch zu machen bleibt, da die Gleichungen (4), (5), (7) schon mit den Beobachtungen der Physiker übereinstimmen. Ueberdies ergiebt sich leicht aus dieser Formel, dass die Intensität des gebrochenen Lichts ihr Maximum erreicht, sobald das Product  $\sin \tau \cos \tau'$  verschwindet. Dies kann auf zweierlei Weisen geschehen: 1) wenn das zweite Mittel stärker brechend ist als das erste, und man hat  $\tau=0$ ; 2) wenn das zweite Mittel weniger brechend ist, und man hat  $\tau'=\frac{1}{2}\pi$ . Im ersten Fall reduciren sich die Formeln (6) und (7) auf die bekannten:

$$J'^2 = \frac{\hbar}{(\vartheta+1)^2} J^2 \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$\cot i' = \cot i \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (11)$$

von denen die erste durch Young und durch Poisson gegeben ist. In diesem Fall, wo der einfallende Strahl senkrecht steht auf der Trennungsfläche zweier Mittel, ist

das gebrochene Licht nach gleicher Ebene wie das einfallende Licht polarisirt; allein es hat eine geringere Intensität, weil  $\vartheta$  grösser ist als Eins. Im zweiten Fall findet man:

$$J'^2 = h \left( \sin^2 i + \frac{\cos^2 i}{\vartheta^2} \right) J^2 \quad \dots \dots \quad (12)$$

$$\cot i' = \frac{\cot i}{\sin \tau} \quad \dots \dots \dots \quad (13)$$

In diesem Fall, wo der einfallende Strahl die Trennungsfläche beider Mittel unter dem Winkel der totalen Reflexion trifft, ist das gebrochene Licht nicht mehr nach derselben Ebene wie das einfallende Licht polarisirt; und seine Intensität, dividirt durch die des einfallenden Lichts, giebt als Quotienten eine Zahl, eingeschlossen zwischen die beiden Gränzen  $h$  und  $\frac{h}{\vartheta^2}$ , von denen die zweite grösser ist als die erste, weil  $\vartheta < 1$ . Jene Zahl erreicht ihre untere Gränze  $h$  oder ihre obere  $\frac{h}{\vartheta^2}$ , je nachdem das einfallende Licht in der Einfallsebene oder senkrecht auf derselben polarisirt ist, das Mittel zwischen diesen beiden Gränzen, oder das Product:

$$\frac{2}{\vartheta^2} \left( 1 + \vartheta^2 \right) = 2 \left( 1 + \frac{1}{\vartheta^2} \right) \quad (14)$$

drückt das Verhältniss der Intensitäten des gebrochenen und einfallenden Lichtes aus, wenn das letztere natürliches Licht ist.

Bei Werthen von  $\tau$ , die dem Winkel der totalen Reflexion sehr nahe kommen, d. h. wenn der einfallende oder gebrochene Strahl der Trennungsfläche beider Mittel beinahe parallel wird, ist das reflectirte Licht dem einfallenden ganz ähnlich und auch sehr nahe von derselben Intensität. Deshalb sagt man, der einfallende Strahl werde total reflectirt, statt er nach jeder andern Hypothese eine partielle Reflexion erleiden würde. Es scheint, dass in demselben Fall die Intensität des gebrochenen Lichts immer beinahe Null werden, und diese In-

tensität stufenweise abnehmen müsse, sobald sich  $\tau$  unendlich dem Winkel der totalen Reflexion nähert. Wirklich geschieht dies, wenn das zweite Mittel brechender ist als das erste. Allein wenn das zweite Mittel weniger brechend wird als das erste, wenn z. B. das Licht aus Glas oder Diamant in Luft oder in das Vacuum übergeht, als dann erhält man in der Nähe der totalen Reflexion nicht bloß ein reflectirtes Licht, das an Intensität beinahe dem einfallenden Lichte gleich ist, sondern auch ein gebrochenes Licht, dessen Intensität wenigstens vier Mal beträchtlicher ist. Das Intensitätsverhältnis des gebrochenen und einfallenden Lichts kann, wenn die Aethertheilchen parallel mit der Einfallsebene vibriren, selbst die Gränze  $\frac{h}{\vartheta^2}$ , und folglich die Zahlen 9,30 oder sogar 35 erreichen, wenn das Licht aus gewöhnlichem Glase, aus Diamant oder aus einer so stark brechenden Substanz, wie chromsaures Blei, in Luft oder das Vacuum übergeht.

Die ungeheure Vervielfältigung des Lichts, von der hier die Rede ist, setzt voraus, daß man z. B. den zu einem Krystalle austretendem Strahl vergleiche mit dem denselben Krystall durchdringenden. Ist der Krystall von zwei ebenen Flächen begrenzt, so durchdringt das Licht die eine nach der andern, und man muß dann drei Strahlen unterscheiden: den einfallenden, den gebrochenen und den ausfahrenden. Nimmt man dann an, die beiden Flächen seyen parallel, und nennt man  $J''$ ,  $i''$  was  $I$ ,  $i$  für den ausfahrenden Strahl werden, so ergeben die Formeln (1) und (2):

$$J'' \sin i'' = \frac{\sin 2\tau \cdot \sin 2\tau'}{\sin^2(\tau + \tau')} J \sin i \dots \dots \dots \quad (15)$$

$$J'' \cos i'' = \frac{\sin 2\tau \cdot \sin 2\tau'}{\sin^2(\tau + \tau') \cos^2(\tau - \tau')} J \cos i \quad (16)$$

und folglich:

$$J''^2 = \frac{\sin^2 2\tau \cdot \sin^2 2\tau'}{\sin^4(\tau+\tau')} \left( \sin^2 i + \frac{\cos^2 i}{\cos(\tau-\tau')} \right) J^2 \quad (17)$$

$$\cot i'' = \frac{1}{\cot^2(\tau-\tau')} \cot i \dots \dots \dots \quad (18)$$

Brewster, der die Formel (18) zuerst gegeben, hat sie durch Versuche bestätigt, und man kann hinzusetzen, dass Beobachtungen, welche mit einer der Formeln (15), (15), (17) übereinstimmten, auch die Bestätigung der Formel (6) mit sich führen würden.

Der durch die Formel (17) gegebene Werth von  $J''^2$  wird ein Maximum, sobald  $i=0$  und  $\tau+\tau'=\frac{1}{2}\pi$ . Alsdann ist der einfallende Strahl senkrecht gegen die Einfallsebene polarisiert, der zurückgeworfene Strahl verschwindet, und die Formeln (17) und (18) geben:

$$J''^2 = J^2 \dots \dots \quad (19) \quad i'' = i = 0 \dots \dots \quad (20)$$

folglich ist dann auch der ausfahrende Strahl senkrecht gegen die Austrittsebene polarisiert, und er besitzt überdies dieselbe Intensität wie der einfallende. Sind dann die beiden Flächen eines Krystalles parallel, so hat die Intensität des ausfahrenden Lichts die des einfallenden zur oberen Gränze, und sie erreicht diese Gränze nur im Fall wenn kein Licht mehr reflectirt wird.

Anders verhält es sich aber, wenn die Flächen des Krystalls nicht mehr parallel sind. Freilich ist dann die Intensität des gebrochenen Lichts geringer als die des auf die Vorderfläche fallenden Lichts, selbst bei senkrechtem Einfall; und wenn man in diesem letzteren Fall die Intensität des einfallenden Lichts zur Einheit annimmt, wird die Intensität des gebrochenen Lichts durch das Verhältniss

$\frac{h}{(\vartheta+1)^2}$  ausgedrückt, ein Verhältniss, welches sich beim Glase auf 0,64, beim Diamant auf 0,28 und beim chromsauren Blei auf 0,25 reducirt. Allein, wenn der ausfahrende Strahl beinahe der Hinterfläche parallel ist, und demnach polarisiert wie der einfallende und der gebrochene Strahl senkrecht gegen die Austrittsfläche, so ist

die Intensität des ausfahrenden Lichts eins der Producte, welches man erhält, wenn man die drei vorstehenden Zahlen multiplicirt mit den oben gefundenen. Diese Intensität wird also für gewöhnliches Glas 5,8, für den Diamant 8,6, und für das chromsaure Bleioxyd ungefähr 9, wenn man bei letzterem von seiner doppeltbrechenden Eigenschaft absieht. Die drei letzten Zahlen reduciren sich auf 4,2, 4,6 und 4,9, wenn der einfallende aus natürlichem Licht besteht.

Aus den oben entwickelten Grundsätzen folgt, dass wenn zwei nicht parallele Flächen eines Krystals durchdrungen werden von einem Lichtstrahl, der anfangs einfällt, darauf gebrochen wird und dann ausfährt, der ausfahrende Strahl immer erlischt, sobald der einfallende einen unendlich kleinen Winkel mit der Eintrittsfläche macht, so dass er an dieser Fläche eine totale Reflexion erleidet. Wenn dagegen der gebrochene Strahl die Austrittsfläche sehr nahe unter dem Winkel der totalen Reflexion trifft, und so, dass der ausfahrende Strahl einen unendlich kleinen Winkel mit dieser Fläche bildet, so kann dieser letztere Strahl, weit entfernt zu erlöschen, vielmehr in gewissen Fällen eine sehr grosse Intensität erlangen.

Nachdem ich diese Folgerung aus meinen Formeln am 20. März dieses Jahres Hrn. Prof. Hefsler in Grätz mitgetheilt, ersuchte ich ihn, dieselbe durch eine Beobachtung zu prüfen. Er klebte schwarzes Papier auf die rechtwinklich dreieckigen Grundflächen eines Glasprisma, und auf die beiden kleineren der drei Seitenflächen desselben, nachdem er zuvor in das für eine der letzteren Flächen bestimmte Papier mit einer Stecknadel ein kleines Loch gemacht. Wir fanden, dass das Bild einer Lichtflamme mit grosser Intensität durch das Prisma ging, selbst im Fall wo der ausfahrende Strahl beinahe der Austrittsfläche parallel seyn musste. Seitdem beobachtete ich, dass der ausfahrende allmälig erlischt, wenn man den einfall-

lenden Strahl nach und nach einen immer kleineren Winkel mit der Eintrittsfläche machen lässt. Ich weiß nicht, dass ein Physiker von diesem Versuch gesprochen habe, den übrigens Jedermann mit der größten Leichtigkeit wiederholen kann.

Bei den Interferenzphänomenen erzeugt Licht, hinzugefügt zu Licht, Dunkelheit. Hier dagegen wird ein total reflectirter Strahl mit der Steigerung des Lichts leichter durchgelassen. Dies ist ein neues Argument gegen Emissionstheorie.

Die Thatsachen, welche ich eben auseinandersetze, scheinen mir eine neue Bestätigung der in meinem *Mémoire sur la dispersion* entwickelten Theorie zu seyn. Sie erklären eine wohl bekannte Erscheinung, nämlich den großen Glanz, welchen stark brechende Körper in gewissen Stellungen darbieten, das sogenannte Feuer der Diamanten.

Man darf nicht vergessen, dass wir hier, bei den numerischen Anwendungen das Quadrat der größten Geschwindigkeit der Aethertheilchen als Maas der Intensität des Lichts genommen haben. Nähme man diese Geschwindigkeit geradezu als Maas der Intensität des Lichts, so würde man die erhaltenen Zahlen durch ihre Quadratwurzeln zu ersetzen haben. Allein die Maxima und Minima der Intensitäten würden desungeachtet den durch die obigen Formeln gegebenen Richtungen entsprechen, und folglich die bezeichneten Erscheinungen dennoch mit der Erfahrung übereinstimmen.

### Dritter Brief.

In meinem letzten Briefe meldete ich Ihnen die Resultate meiner allgemeinen Formeln, wenn man sie auf die totale Reflexion anwendet, d. h. auf den Fall, wo das zweite Mittel, obgleich durchsichtig, dennoch die Function eines opaken Körpers ausübt. Heute will ich Sie für einen Augenblick mit dem unterhalten, was geschieht,

wenn das zweite Mittel beständig unter allen Incidenzen opak ist, und insbesondere, wenn das Licht an einem Metalle reflectirt wird.

Lässt man einen einfachen, geradlinig, circular oder elliptisch polarisirten Strahl auf eine Metallfläche fallen, so wird derselbe immer in zwei andere geradlinig polarisierte Strahlen zerlegt, einen senkrecht und einen parallel gegen die Einfalls ebene polarisirten. Nun finde ich, dass die Reflexion, bei jedem componirenden Strahl, die Intensität des Lichts verändert nach einem Verhältniss, welches vom Einfallswinkel abhängt und im Allgemeinen für die beiden Strahlen verschieden ist. Ueberdies schiebt die Reflexion die Lichtwellen vor- oder rückwärts um eine gewisse Strecke, die ebenfalls vom Einfallswinkel abhängt. Bezeichnet man diese Strecke für den ersten componirenden Strahl durch  $\frac{\mu}{k}$ , und für den zweiten durch  $\frac{\nu}{k}$ , und ist  $l = \frac{2\pi}{k}$  die Dicke einer Welle, so wird der Gang-Unterschied zwischen den beiden componirenden Strahlen, nach einer ersten Reflexion, ausgedrückt durch:

$$\frac{\mu - \nu}{k}$$

und nach  $n$  Reflexionen unter dem nämlichen Winkel durch:

$$n \cdot \frac{\mu - \nu}{k}.$$

Ich finde überdies, dass nach einer einzigen Reflexion unter dem Einfallswinkel  $\tau$  der Gangunterschied eine halbe Welle beträgt, wenn  $\tau=0$ , und eine ganze Welle, wenn  $\tau=\frac{1}{2}\pi$ . Lässt man also bei dem Werth des Winkels  $\mu-\nu$  die Multipla von  $2\pi$  außer Betracht, so kann man annehmen, der Zahlenwerth dieses Winkels schwankt zwischen  $\pi$  und 0. Erreicht  $\mu-\nu$  das Mittel zwischen diesen beiden Gränzen oder  $\frac{1}{2}\pi$ , so er-

hält man, was Brewster elliptische Polarisation nennt, und 2, 4, 6, 8... $2n$  ähnliche Reflexionen führen den polarisierten Strahl auf seinen ursprünglichen Zustand zurück. Wenn dann der einfallende Strahl geradlinig polarisiert ist, ist es auch der letzte reflectirte. Allein seine Polarisationsebene bildet mit der Reflexionsebene einen Winkel  $\delta$ , dessen Tangente, bis auf das Zeichen, gleich ist der Potenz  $2n$  des Quotienten, welchen man erhält, wenn man die Verhältnisse, nach welchen die erste Reflexion die größten Geschwindigkeiten der Aethertheilchen in jedem componirenden Strahl verändert, durch einander dividirt. Wenn also die Zahl der Reflexionen in arithmetischer Progression wächst, variiren die Werthe von  $\tan \delta$  in geometrischer Progression, und da man für die verschiedenen Metalle im Allgemeinen  $\delta < \frac{1}{4}\pi$  oder  $45^\circ$  findet, so wird das Licht bei großen Werthen von  $n$  zuletzt vollständig nach der Einfallsebene polarisiert. Aus meinen allgemeinen Formeln ergibt sich auch eine große Anzahl von Folgerungen, welche ich in einem anderen Briefe ausführlicher entwickeln werde, und welche, wie die obigen, mit den Resultaten von Brewster übereinstimmen.

#### Vierter Brief.

Da einer der größten Einwürfe gegen die Undulationstheorie vom Daseyn des Schattens und von der Eigenschaft der Schirme, den Gang der Lichtwellen aufzuhalten, hergenommen worden ist, so wünschte ich sehr, aus meinen allgemeinen Formeln die Gesetze beider Erscheinungen, des Schattens und der Diffraction, abzuleiten; allein um dahin zu gelangen, hatte ich einige analytische Schwierigkeiten zu überwinden. Endlich ist es mir gelungen, und ich habe zur Bestimmung der Aetherbewegungen, wenn das Licht zum Theil durch einen Schirm aufgefangen wird, Formeln gefunden, von denen ich Sie einen Augenblick unterhalten will.

Betrachten wir zur Befestigung der Ideen den Fall, wo der leuchtende Körper so entfernt ist, daß die sphärischen Wellen, welche sich rings von ihm ausbreiten, beinahe eben geworden sind. Nehmen wir zur Axe der  $x$  die Richtung des Lichtstrahls und zur Axe der  $y$  eine Gerade parallel der Schwingungen der Aethertheilchen. Nennen wir  $x$  die Verschiebung eines Theilchens, gemessen parallel der Axe der  $y$ , ferner  $J$  den Maximum-Werth von  $x$ , überdiess  $l = \frac{2\pi}{K}$  die Dicke einer Licht-

welle und  $J = \frac{2\pi}{s}$  die Dauer einer Vibration. Endlich werde das Licht in der Ebene der  $zy$ , senkrecht auf der Axe der  $x$ , nach Seite der negativen  $y$ , durch einen Schirm aufgefangen. Wenn der Lichtstrahl, welchen wir im Sinne der positiven  $x$  gerichtet annehmen wollen, ein einfacher ist, so wird seine Gleichung, für negative Werthe von  $x$ , die Form haben:

$$y = J \cos(Kx - st + \lambda) \dots \dots \dots (1)$$

wo  $\lambda$  eine constante Gröfse bezeichnet. Nun finde ich, daß der Werth von  $y$ , nach Seite der positiven  $x$ , nach einer Reihe entwickelt werden kann, und daß, wenn diese Reihe auf ihr erstes Glied reducirt wird, man habe:

$$y = \left(\frac{1}{\pi}\right)^2 J \int_{-\infty}^{K^{\frac{1}{2}}y} \cos(Kx + \eta - \varrho t - \frac{1}{4}\pi + \alpha^2) d\alpha \quad (2)$$

Da überdiess die Zahl  $K$  sehr beträchtlich ist, so reducirt sich der durch die Formel (2) gegebene Werth von  $y$ , für endliche und negative Werthe der Ordinate  $y$  fast auf Null, während die Formel (2) für endliche und positive Werthe derselben Ordinate beinahe mit der Formel (1) zusammenfällt. Der jenseits der Ebene des Schirms befindliche Theil des Raumes wird also auf Seite, wo der Schirm sich befindet, d. h. hinter dem Schirm, in Schatten seyn, während er auf der entgegengesetzten Seite erhellt bleibt, wie wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Man muß bloß die Punkte des Raums aus-

nehmen, die sehr kleinen Werthen von  $\gamma$  entsprechen, und für welche die Verschiebung  $\gamma$  von den beiden Ordnaten  $x, y$ , so wie auch von der Zeit  $t$ . Für diese letzteren Punkte liefert die Formel (2) die Gesetze der Diffraction, wie sie Fresnel aufgestellt hat, und man kann das Studium dieser Gesetze vereinfachen, wenn man das zweite Glied der Gleichung (2) mit Hülfe der Formeln, die ich in mehren Abhandlungen gegeben habe, umwandelt<sup>1</sup>).

Ich habe oben gesagt, dass die Wellen rings um einen leuchtenden Körper im Allgemeinen sphärisch sind. Wirklich folgt aus der Rechnung, dass ein einfacher Strahl sich im Aether unter der Gestalt von sphärischen, cylindrischen oder ebenen Wellen fortpflanzen kann. Diese verschiedenen Formen lassen sich erhalten, wenn man annimmt, dass der Aether an dem Ursprung seiner Bewegung entweder in einem einzigen Punkt oder in allen Punkten Einer Axe oder in allen Punkten Einer Ebene zum Schwingen gebracht ist. Bei einer grossen Entfernung des leuchtenden Punkts oder der ihn ersetzenden Axe liefern die beiden ersten Hypothesen dieselben Resultate wie die letzte. Ich füge noch hinzu, dass in den beiden ersten Hypothesen die Schwingungen der Aethertheilchen, bei einem einfachen Strahl, nach den Elementen der Circumferenzen paralleler auf der Wellenfläche gezogener Kreise gerichtet sind, und dass sie zugleich unter sich ähnlich, und für alle Punkte einer und derselben Circumferenz isochron sind.

#### Fünfter Brief.

In demjenigen meiner Briefe, welcher die Gesetze der Reflexion und Refraction an der Oberfläche durchsichtiger Körper zum Gegenstande hatte, bemerkte ich, dass von vier der von mir aufgefundenen Formeln drei schon geprüft und mit allen bekannten Beobachtungen

1) Die Unverständlichkeiten in obiger Demonstration sind alleinig auf Rechnung des Originals zu setzen. P.

übereinstimmend gefunden seyen. Glücklicherweise findet sich nun, dass die vierte Gleichung, deren Vergleich mit der Erfahrung allein noch zu machen übrig blieb, durch das Phänomen der Farbenringe bestätigt wird. In der That denken wir uns, dass die äußere oder innere Oberfläche einer Schicht von Luft oder sonst einem durchsichtigen Körper bei der Reflexion eines parallel oder senkrecht gegen die Einfallsebene polarisierten Strahls die größten Werthe der Verschiebungen der Aethertheilchen in dem Verhältniss 1 zu  $\Theta$  ändere, und nennen wir  $\Theta'$ ,  $\Theta''$ , was aus  $\Theta$  wird, wenn der Strahl nicht mehr zurückgeworfen, sondern gebrochen wird, und dabei von außen in die Lamelle oder aus dem Innern dieser hinaustritt. Ferner sey  $J$  die absolute oder größte Verschiebung eines Aethertheilchens in dem einfallenden Strahl. Ist die Dicke der Platte ein Multiplum von der Dicke der Lichtwellen, so senden die unzählbaren Reflexionen, von denen eine an der äußeren Oberfläche, die anderen aber an der inneren Oberfläche der Lamelle geschehen, eine Unzahl von Strahlen in's Auge des Beobachters, und aus der Zusammensetzung dieser Strahlen entsteht ein resultirender Strahl, in welchem das Maximum der Verschiebung bekanntlich zum Maafse hat das Product:

$$\Theta J(1 - \Theta' \Theta'' - \Theta^2 \Theta' \Theta'' - \dots) = \Theta J \left(1 - \frac{\Theta' \Theta''}{1 - \Theta^2}\right).$$

Soll dies Product verschwinden und in dem Phänomen der Farbenringe der dunkle Fleck in der Mitte ganz vollkommen schwarz seyn, so muss man haben:

$$\Theta' \Theta'' = 1 - \Theta^2 \dots \dots \dots \quad (1)$$

Diese Bedingung wird nun wirklich erfüllt, wenn man für die Intensität des gebrochenen Lichts den Werth annimmt, welchen die oben erwähnten Formeln geben. Ueberdies liefert die Bedingung (1) unmittelbar die beiden Gleichungen (15) und (16) in meinem Briefe über die Refraction und Reflexion bei durchsichtigen Körpern.

Denn

Denn wenn man  $\tau$  den Einfallswinkel und  $\tau'$  den Brechungswinkel nennt, hat man:

$$\Theta^2 = \left[ \frac{\sin(\tau - \tau')}{\sin(\tau + \tau')} \right]^2 \text{ oder } = \left[ \frac{\sin(\tau - \tau') \cos(\tau + \tau')}{\sin(\tau + \tau') \cos(\tau - \tau')} \right]^2$$

je nachdem der einfallende Strahl parallel oder senkrecht gegen die Einfallsebene polarisirt ist. Im ersten Fall zieht man aus der Formel (1):

$$\Theta' \Theta'' = \frac{\sin 2\tau \sin 2\tau'}{\sin^2(\tau + \tau')}$$

und im zweiten:

$$\Theta' \Theta'' = \frac{\sin 2\tau \cdot \sin 2\tau'}{\sin^2(\tau + \tau') \cdot \cos^2(\tau - \tau')}.$$

Uebrigens habe ich auch für die Reflexion an der Oberfläche durchsichtiger Körper, besonders der Metalle, allgemeine Formeln erhalten, und diese stimmen vollkommen mit der Erfahrung, wie ich ausführlicher zeigen werde, sobald die Zeit es mir erlaubt.

Wenn der Schirm, durch welchen angenommener Weise das Licht in der Ebene der  $yz$  aufgefangen wird, nur in dem Intervall, zwischen den Gränzen  $y=y_0$  und  $y=y_1$  Lichtstrahlen fortgehen lässt, so dass der auf Seite der positiven  $x$  befindliche Beobachter das Licht durch eine Oeffnung von der Breite  $y_1 - y_0$  empfängt, so muss die Formel (2) meines letzten Briefes ersetzt werden durch die:

$$y = \left( \frac{1}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} J \int_{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_0)}{\sqrt{2}x}}^{\frac{k^{\frac{1}{2}}(y-y_1)}{\sqrt{2}x}} \cos(kx + \lambda - st - \frac{1}{4}\pi + \alpha^2) d\alpha.$$

Diese Gleichung an sich liefert bloß einen genäherten Werth von  $y$ , und ergiebt sich aus den allgemeinen und strengen Formeln, welche den gebogenen Strahl ausdrücken, für jegliche Richtung des einfallenden Strahls und für jegliche Richtung der Schwingungen darin. Diese Formeln, welche die Gesetze der Diffraction geben, zei-

gen unter anderem, dass wenn der einfallende Strahl nach einer gewissen Ebene polarisiert ist, der gebogte ebenfalls nach derselben Ebene polarisiert wird.

#### IV. Von den Ursachen der Temperatur des Erdballs.

(Bruchstück eines von Hrn. A. de la Rive in der *Biblioth. universelle*, T. LX p. 415, gegebenen und mit Bemerkungen versehenen Auszugs aus Hrn. Poisson's: *Théorie mathématique de la chaleur*.)

Nach Hrn. Poisson entspringt die Temperatur der Erde aus drei Quellen: der *Sonnenwärme*, der *Sternenwärme* und der *atmosphärischen Wärme*. Er schliesst also, wie man sieht, die *centrale* oder *innere Wärme* aus, giebt aber dafür von der wohlbekannten Thatsache der Wärmezunahme nach dem Innern der Erde eine andere sinnreiche Erklärung. Wir werden weiterhin auf diese zurückkommen, erlauben uns indefs einstweilen den drei, von Hrn. Poisson angeführten Ursachen eine vierte unter dem Namen der *innern Erdwärme* hinzuzufügen.

##### 1) Sonnenwärme.

Seit langer Zeit hat man gesucht die directe und isolirte Wirkung der Sonnenwärme zu bestimmen; allein die Lösung dieser Aufgabe bietet grosse Schwierigkeiten dar. Einerseits ist es fast unmöglich, sich gegen die Ausstrahlung zu schützen, durch welche die Körper, je nach Umständen, mehr oder weniger schnell, und ganz unabhängig von der Sonnenwärme, die von dieser Quelle empfangene Temperatur verlieren. Und andererseits erwärmt sich auch die Atmosphäre durch die Sonnenstrahlen, und fügt so ihre veränderliche Wirkung der directen Einwirkung dieser Strahlen auf die Körper hinzu. Neuerlich hat Hr. Herschel ein Mittel vorgeschlagen, sich ge-

gen diese Fehlerquelle mehr oder weniger zu sichern. Er hat zu dem Ende eine Art von sehr empfindlichem Thermometer verfertigen lassen, *Actinometer* von ihm genannt<sup>1)</sup>, welches die Wärme-Intensität der Sonnenstrahlen anzeigt, nicht durch die absolute, mehr oder weniger hohe Temperatur, welche es erreicht, sondern durch den mehr oder weniger raschen Gang gegen diese Temperatur. In den Händen einiger Physiker, namentlich der HH. Forbes und Kämtz<sup>2)</sup>, hat dieses Instrument schon einige interessante Resultate geliefert, das z. B., dass in der Wärme-Intensität der directen Sonnenstrahlen kein anderer Unterschied vorhanden ist als der, welcher aus der Verschiedenheit in der Länge des von diesen Strahlen in der Atmosphäre durchlaufenden Weges entspringt.

Aus solchen und einigen anderen verwandten Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass die directe Wärmekraft der Sonne nur abhängt von der Neigung ihrer Strahlen gegen die Körper, welche diese auffangen, und deshalb, für einen gewissen Punkt der Erdoberfläche, nur von dessen geographischer Breite, von der Zeit des Tages und des Jahres, in welcher die Beobachtung gemacht wird. Indes darf diese Aufgabe noch nicht für ganz gelöst gehalten werden. Der veränderliche Zustand der Sonnen-Oberfläche, die Natur der Mittel, welche ihre Strahlen zu durchdringen haben, ehe sie die Erdoberfläche erreichen, sind Umstände, welche wohl einen Einfluss auf ihre Wärmekraft haben, und sie, abgesehen von allen übrigen Ursachen, von einem Punkt der Erdoberfläche zum andern, verschieden machen könnten.

Bei dem tiefen Studium, welches Hr. Poisson von dem alleinig von der Sonnenwärme abhängenden Theil

1) S. Annal. Bd. XXXII S. 661.

2) S. Kämtz Meteorologie, Bd. III S. 15, wo auch die Einrichtung und Gebrauchsweise des Actinometers näher beschrieben ist.

der Temperatur des Erdkörpers macht, vergleicht er mit einander die verschiedenen Portionen dieser Wärme, welche auf die Erdoberfläche einfallen, sey es während verschiedener Theile Eines Jahres, oder während ganzer Jahre, die durch einen sehr langen Zeitraum getrennt sind. Er sucht zunächst die Quantität der auf eine gegebene Fläche fallende Sonnenwärme zu berechnen, eine Quantität, welche nur bestimmbar ist durch sehr viele und sehr genaue Versuche, die aber noch nicht gemacht worden sind. Er beweist, dass diese Grösse unabhängig ist von der Entfernung der Sonne von der Erde, dass sie aber mit Sonnenflecken variiren kann, dass sie auch in sehr starken Verhältnissen variiert mit der grösseren oder geringeren Heiterkeit der Atmosphäre, welche auf die Absorption der Sonnenstrahlen von Einfluss ist. Die Sonnenwärme erleidet in vollkommen reiner Luft eine, wie man glaubt, weit geringere Absorption als die strahlende Wärme, welche von der Erde oder nicht glühenden Körpern ausgeht; jedoch ist sie nicht Null, und folglich muss sie mit der Länge des Weges, den die Sonnenstrahlen in der Luft zurücklegen, ab- oder zunehmen. Daraus folgt, dass die auf eine gegebene Fläche fallende Wärmemenge, alles übrige gleich gesetzt, kleiner seyn muss, wenn die Sonne am Horizont steht, als wenn sie den Meridian erreicht; und es ergiebt sich auch daraus, dass dieselbe Grösse während des Jahres ab- oder zunehmen muss mit der Declination der Sonne in der Hemisphäre, zu welcher der betrachtete Punkt der Erdoberfläche gehört. Da die Gesetze der Absorption der Sonnenwärme durch die Atmosphäre nicht bekannt sind, so kennt man auch nicht die täglichen und jährlichen Variationen der besagten Menge von Sonnenwärme, und man kann bloß vermuthen, dass sie nicht beträchtlich seyen.

Wir folgen Hrn. Poisson nicht in die Rechnungen, durch die es ihm gelingt, für einen Ort unter ge-

gebener Breite den Theil seiner mittleren Temperatur zu bestimmen, welcher von der Wirkung der Sonnenwärme abhängt. Wir begnügen uns mit der Bemerkung, dass er durch die erwähnten allgemeinen Sätze und durch die Gesetze der Fortpflanzung und Vertheilung der Wärme dahin gelangt, diese Bestimmung zu verknüpfen mit der der Temperaturen in sehr geringen Tiefen des Erdbodens. So findet er ein genaues Verhältnis zwischen den jährlichen Ungleichheiten der Erdtemperatur in sehr geringen Tiefen und dem mittleren Werth der Temperatur, welche von der auf die entsprechende Erdoberfläche fallenden Sonnenwärme bewirkt wird.

Auf diese Weise und mit Benutzung der Beobachtungen Arago's<sup>1)</sup>), welche zu Paris den Ueberschufs des Maximums über das Minimum im Jahre für die Tiefen von 8<sup>m</sup>,121 und 6<sup>m</sup>,497 geben, gelangt er dann dahin, die unmittelbare Wirkung der Sonnenwärme auf die Mitteltemperatur dieser Stadt zu berechnen. Die Vergleiche, welche man in dieser Beziehung zwischen den Resultaten der Rechnung und denen der Beobachtung aufstellen kann, zeigen, dass der Austausch der strahlenden Wärme zwischen der Atmosphäre und der Erde, so wie das Erkältungsvermögen der Luft in Berührung mit dem Boden sehr wenig Einfluss hat auf die jährlichen Ungleichheiten der Temperatur in geringen Tiefen der Erde, Ungleichheiten, die nur von der directen Wirkung der Sonnenstrahlen erzeugt werden.

Die numerischen Resultate dieser Rechnungen geben 23°,948 C. für den Theil der mittleren Temperatur von Paris, welcher von der directen Wärme der Sonnenstrahlen herrührt, d. h. die Sonnenwärme erhöht die Mitteltemperatur von Paris um fast 24° C., eine Grösse, die den Ueberschuss der höchsten Temperatur über die niedrigste im Jahr ein wenig übertrifft. Da nun die mittlere Temperatur in Paris 10°,822 C. beträgt, so würde

1) Annal. Bd. XXXVIII S. 537.

dieselbe Temperatur auf beinahe — 13° C. reducirt seyn, wenn die directe Sonnenwärme allein aushörte, und die übrigen Quellen fortführen genau so zu wirken, wie sie es gemeinschaftlich mit der ersteren thun. Die mittlere Temperatur also, die sich für Paris aus der vereinten Wirkung aller übrigen Quellen, die directe der Sonnenstrahlen abgerechnet, ergäbe, würde — 13° C. seyn.

Eben erhöht die Sonnenwärme die mittlere Temperatur unter dem Aequator um mehr als 35° C.; dagegen unter dem Pole nur um 14° C. Dieser Unterschied röhrt nicht bloß von der grösseren Schiefheit der Sonnenstrahlen am Pole her, sondern auch davon, dass sie daselbst eine stärkere Absorption erleiden.

Hiebei ist jedoch vorausgesetzt, dass der Boden, welcher die Sonnenstrahlen auffängt, immer von gleicher Beschaffenheit sey, denn begreiflicherweise würde, wenn dies nicht der Fall wäre, namentlich, wenn die Absorptionskraft der Bodenarten nicht dieselbe wäre, derjenige Theil der Mitteltemperatur des Bodens, welcher von der directen Sonnenwirkung herröhrt, verschieden seyn, selbst wenn die Breite und die übrigen Umstände gleich wären. Im Fall also der Boden von gleicher Beschaffenheit wäre, würde man unter gleichen Breiten dies- und jenseits des Aequators identische Resultate erhalten. Allein, da die Erfahrung lehrt, dass von zwei Körpern, deren Ausstrahlungsvermögen verschieden ist, derjenige, welcher das grössere besitzt, sich am stärksten im Sonnenschein erhitzt, so kann man schliessen, dass wenn auf einer Seite des Aequators das Strahlungsvermögen grösser ist als auf der andern, die Wärme auf der ersten Hemisphäre eine verhältnissmässig geringere Mitteltemperatur als auf der zweiten hervorrufen wird. Dies findet nun genau auf der südlichen Halbkugel statt, wo, weil daselbst die Meere eine grössere Ausdehnung haben als auf der nördlichen, und weil das Meer ein geringeres Ausstrahlungsvermögen als das feste Land besitzt,

der Mittelwerth der Wirkung der Sonnenwärme kleiner ist. Dies ist eine Ursache der von der Erfahrung bestätigten Thatsache, dass in der südlichen Hemisphäre die Wärme vom Aequator nach dem Pole hin rascher abnimmt, und in derselben die Mitteltemperatur geringer ist als in der nördlichen. Möglich, wie wir weiterhin sehen werden, dass eine Ungleichheit in der Sternenwärme, d. h. in den Mengen von strahlender Wärme, welche die Sterne in gleicher Zeit auf beide Halbkugeln aussenden, zu der Verschiedenheit ihrer Mitteltemperaturen beitrage; allein, dies ist nur eine Hypothese, während der Einfluss der ersten Ursache wohl erwiesen zu seyn scheint<sup>1</sup>).

1) Woraus die Verschiedenheit der mittleren Wärme beider Halbkugeln entspringe, darüber sind die Meinungen von jeher getheilt gewesen, freilich ehemals in höherem Grade als jetzt. Einige Physiker des vorigen Jahrhunderts, besonders Mairan, hielten die südliche Halbkugel für wärmer als die nördliche, und zwar darum, weil sie während ihres Sommers der Sonne näher ist als letztere. Aepinus dagegen machte, fast zu derselben Zeit, die Bemerkung, dass die nördliche Halbkugel ungefähr acht Tage länger Sommer habe als die südliche, und daraus zog er den umgekehrten Schluss, die erstere, die nördliche, müsse wärmer seyn als die letztere. Dies ist nun wirklich der Fall, aber nicht aus dem von Aepinus angeführten Grunde, denn die grössere Nähe der Sonne und die längere Dauer des Sommers sind Ursachen, die, bei dem Lauf der Erde um die Sonne, gleichzeitig und nach gleichem Gesetze im umgekehrten Sinne wirken, und folglich einander aufheben. Wären hier also keine andern Ursachen thätig, so müfsten die beiden Halbkugeln gleiche Mittelwärme besitzen.

Dass Verdienst, dies gezeigt zu haben, gebührt Lambert. Er stellte (in seiner *Pyrometrie*, §. 588) zuerst den Satz auf, dass die Wärmemenge, welche die Erde von der Sonne empfängt, sich direct wie die wahre Anomalie verhalte. Sein Beweis ist folgender. Man denke sich eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt *S* die Sonne stehe; von den beiden Endpunkten der grossen Axe bezeichne man das Aphel mit *A* und das Perihel mit *P*; die Erde befnde sich in irgend einem Punkt *T* der Ellipse, von welchem die Linie *TS*, der Radiusvector, zur Sonne gezo-

## 2) Sternenwärme.

»Wenn man von einem Punkt der Erdoberfläche in irgend einer Richtung eine gerade Linie unbegränzt fortzieht, so wird sie zuletzt immer einen sichtbaren oder

gen sey; der Winkel  $TSA = \varphi$  ist die wahre Anomalie. Wenn die Erde von  $T$  zu einem benachbarten Punkte  $t$  übergeht, oder das kleine Bogenstück  $Tt$  durchläuft, steht die dazu erforderliche Zeit, gemäfs dem zweiten Gesetze Kepler's, im Verhältniss zum Ausschnitt  $TS t$ , also im Verhältniss von  $\frac{1}{2} \bar{S} T^2 d\varphi$ . Nun verhält sich die Dichtigkeit der Sonnenstrahlen umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne. Nimmt man also die Dichtigkeit für die Entfernung = 1 zur Einheit, so ist die für die Entfernung  $ST = \frac{1}{\bar{S} T^2}$ . Folglich steht die Menge der Strahlen oder der Wärme, welche die Erde in der Zeit, während sie das Bogenstück  $Tt$  durchläuft, von der Sonne empfängt, im Verhältniss von:

$$\frac{1}{\bar{S} T^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \bar{S} T^2 \cdot d\varphi,$$

also wenn ihr Radiusvector irgend einen Winkel  $\varphi$  durchläuft, geradezu im Verhältniss dieses Winkels oder der wahren Anomalie.

Nennt man nun Sommer die Zeit, welche verfließt, während der Winkel  $\varphi$  aus dem Werte  $\mp 90^\circ$  in dem  $\pm 90^\circ$  übergeht, so erhellt, dass jede Halbkugel während ihres Sommers eine gleiche Wärmemenge von der Sonne empfängt.

In Bezug hierauf bemerkte Poisson bei Gelegenheit einer Anzeige seines Werks in den *Annales de chimie et de physique* T. LIX p. 101, Folgendes:

»Nach einem Theorem von Lambert ist die gesammte Sonnenwärme, welche während der verschiedenen Jahreszeiten auf die Erde fällt, gleich, trotz der Ungleichheit in der Länge dieser Zeiten, die durch die der Abstände von der Sonne kompensirt wird. Diese Wärmemenge variiert im umgekehrten Verhältniss des Parameters der von der Erde beschriebenen Ellipse; allein sie variiert auch mit der Schiefe der Ekliptik; indefs scheint es nicht, dass diese Variationen jemals eine beträchtliche Wirkung auf die Temperatur der Erde ausüben könnten. Die Mengen der Sonnenwärme, welche in gleichen Zeiten auf die beiden Halbkugeln fallen, sind beinahe gleich, allein wegen der verschiedenen Beschaffenheit ihrer Oberflächen werden diese

unsichtbaren Stern treffen. Die Erde befindet sich also in einem Raum, welcher auf allen Seiten von einer geschlossenen Hülle begränzt, und überdiess, wie man annimmt, von einem äusserst lockeren Aether erfüllt ist. Obgleich die Dimensionen dieser Sternenhülle unermesslich sind, so würde dies dennoch die wärmende Wirkung derselben auf den Erdkörper weder hindern noch verringern, wenn der Aether nichts von der durchgehenden Wärme absorbierte; denn, da im Vacuo oder in einem nicht absorbirenden Mittel die Intensität der strahlenden Wärme nach umgekehrtem Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnimmt, so folgt, dass die Gesamtwirkung einer geschlossenen Hülle auf alle darin enthaltenen Körper unabhängig ist von der absoluten Grösse dieser Hülle.»

Dieſs sind die eignen Worte des Hrn. Poisson, und es ist seinen Schlüssen nichts hinzuzufügen; denn gesetzt die Sonne wäre nicht vorhanden, so würde ein Thermometer im Innern der Hülle, in welcher die Erde sich bewegt, eine gewisse Temperatur annehmen, nur bedingt durch die von den einzelnen Punkten der Hülle, d. h. von den verschiedenen Sternen, ausgesandten Strahlen. Diese Wärme ist es, welche man *Sternenwärme* nennen kann.

Mengen in ungleichen Verhältnissen absorbiert, und da die Absorption der Sonnenstrahlen in einem gröſseren Verhältniss als das Ausstrahlungsvermögen wächst, welches seinerseits gröſser ist beim Lande als beim Meere, so schließt man daraus, dass die Mitteltemperatur unserer Halbkugel, wo das Land ein gröſseres Verhältniss einnimmt, höher seyn muss als die der südlichen Halbkugel, was mit der Erfahrung übereinstimmt.

Neuerlich hat Hr. P. Prévost noch auf eine andere Ursache zur Temperatur-Ungleichheit beider Halbkugeln aufmerksam gemacht, nämlich darauf, dass die südliche Halbkugel einen um acht Tage längeren Winter (in obiger Bedeutung genommen) hat als die nördliche, also während dieser Zeit mehr Wärme durch Ausstrahlung verliert als die letztere. Wie gross die Wirkung dieser Ursache sey, hat er freilich nicht nachgewiesen (*Ann. de chim. et de phys. T. LX. p. 303.*) P.

Kehren wir jetzt zur Erde zurück, so muss zwischen den Punkten ihrer Oberfläche und den Sternen, welche die von diesen Punkten aus gezogenen Geraden treffen, ein beständiger Austausch von Wärme stattfinden, und demgemäß wird die Temperatur dieser Punkte in jedem Augenblick steigen oder sinken, je nachdem sie kleiner oder größer ist als die der Sterne. Allein jeder Punkt der Erdoberfläche kann angesehen werden als der Scheitel eines äußerst spitzen Kegels, dessen Grundfläche ein Stück der Sternenhülle ist, welche, wegen der überaus großen Entfernung der Sterne von der Erde, eine unermessliche Anzahl dieser Himmelskörper einschließt. Ohne Zweifel besitzen diese Sterne nicht alle eine gleiche Temperatur; vielmehr steht zu glauben, dass die leuchtenden unter ihnen, wie die Sonne, eine sehr hohe Temperatur besitzen, und die dunkeln, wenn es dergleichen giebt, eine viel geringere. Wenn dem so ist, so kann man das Mittel aus den Temperaturen aller dieser Sterne als die Temperatur desjenigen Stücks dieser Hülle ansehen, welches von dem besagten Kegel aufgefangen wird.

Wenn dieser Mittelwerth nach allen Richtungen und für alle Punkte der Erdoberfläche derselbe ist, oder in anderen Worten, wenn die Sternenhülle überall die nämliche Temperatur besitzt, so wird ein Thermometer irgend einem Ort innerhalb dieser Hülle immer dieselbe Temperatur zeigen, gemäß den Gesetzen der Wärmestrahlung und abgesehen vom Absorptionsvermögen des Aethers. In diesem Fall wird die Erde, wie auch ihr Wärmezustand sey, nach Ablauf einer gehörigen Zeit dieselbe Temperatur annehmen, und zwar in Zusatz zu der, welche die Sonnenwärme bewirkt. Allein diese Hypothese von einer gleichförmigen Temperatur aller Theile der Sternenhülle erscheint außer aller Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, dass die Sterne, wenigstens die meisten, wie die Sonne, eine eigene, durch besondere Ursachen unterhaltene Wärme besitzen, welche durch die

Wirkung der wechselseitigen Strahlung nicht zur Gleichheit strebt. Es scheint ferner nicht, als könne man voraussetzen, der Aether sey ganz ohne Absorptionskraft; denn wenn dem so wäre, müfste die aus der Sternenwärme entstehende Temperatur in jedem Punkt des Raums außerordentlich hoch seyn, der der Sonne vergleichbar, wenigstens wenn die Zahl der glühenden Sterne im Vergleich zu der der dunkeln nicht äußerst klein ist. Mögen nun die Werthe der Mitteltemperaturen der Sterne, die in zwei gleichen, aber verschiedenen Stücken der Sternenhülle enthalten sind, ungleich seyn, oder mag die Sternenwärme in diesen beiden Richtungen von ungleich von der Erde entfernten Sternen herstammen, und folglich, beim Durchgang durch den Aether, eine ungleiche Absorption erlitten haben; so ist man doch zu der Annahme genöthigt, daß die Quantität der in einer bestimmten Richtung zu der Erde gelangenden Sternenwärme, mit dieser Richtung variire, freilich nach einem ganz unbekannten Gesetz.

Diese sinnreiche Idee von der Temperatur-Ungleichheit in verschiedenen Theilen der Sternenhülle, welche wir so eben fast ganz mit den eignen Worten des Hrn. Poisson auseinandersetzen, scheint demselben durch einen directen Versuch erweisbar. Im Brennpunkt eines gegen den Himmel gerichteten Hohlspiegels steht bekanntlich, wenn die Atmosphäre rein und heiter ist, ein Thermometer allemal niedriger als in gleicher Höhe über dem Boden, aber ungeschützt durch einen solchen Spiegel gegen die Strahlung der Gegenstände umher. Dies kommt vom Wärme-Austausch, der stattfindet einerseits zwischen dem Thermometer, andererseits zwischen den Lufttheilchen der vom Spiegel aufgefangenen Säule der Atmosphäre und dem entsprechenden Stück der Sternenhülle. Das Sinken des Thermometers hängt also zugleich ab von der Mitteltemperatur der ganzen Masse der atmosphärischen Säule und von der des entsprechenden Stücks

der Sternenhülle. Auch findet man in den Angaben des Thermometers sehr beträchtliche Unterschiede, je nachdem der Spiegel mit seiner Axe mehr oder weniger senkrecht gestellt ist. Die Länge der atmosphärischen Säule, die desto gröfser je horizontaler die Richtung ist, übt in dieser Beziehung einen bedeutenden Einfluss aus. Allein gesetzt, man habe sich gegen diese Ursache von Veränderungen gesichert, so werden die etwanigen Unterschiede in den Angaben des Thermometers bei verschiedenen Stellungen des Spiegels nur von der Ungleichheit der von verschiedenen Stücken der Sternenhülle abgesandten Wärme herrühren können. Gegen den Einfluss der veränderlichen Länge der atmosphärischen Säule kann man sich folgendermaßen schützen. Angenommen es sey in einer schönen, windstillen, heiteren Nacht der Spiegel so aufgestellt, dass man ihn um eine Verticale drehen und dabei seine Axe eine Kegelfläche beschreiben lassen kann, diese Axe also einen constanten Winkel mit der Verticalen bildet. Klar ist, dass alsdann die einer jeden verschiedenen Stellung des Spiegels entsprechende Säule der Atmosphäre immer einerlei Länge hat, und dass sie folglich immer gleiche Wirkung ausüben muss, sobald die Luft vollkommen klar und windstill ist. Wenn sich also bei verschiedenen Stellungen des Spiegels um die Verticale Unterschiede in den Angaben des Thermometers zeigen, so können diese nur daraus entsprungen seyn, dass die verschiedenen gleichgroßen Stücke der Sternenhülle, gegen welche das Thermometer nach einander gedreht wurde, und mit welchen es allmälig in Austausch von Strahlung trat, ungleiche Mengen Wärme aussanden. Der von Hrn. Poisson vorgeschlagene Versuch besteht nun darin, zu sehen, ob unter den angezeigten Bedingungen wirklich Unterschiede vorhanden seyen. Dieser Versuch verdient angestellt zu werden. Wir haben uns vorgenommen ihn zu machen; allein er erfordert außerordentlich empfindliche Instrumente, weil, wegen der

Kleinheit der von den verschiedenen Theilen der Sternenhülle ausgesandten Wärmemengen, die Unterschiede zwischen diesen, wenn es dergleichen giebt, außerordentlich schwach, und daher sehr schwer wahrzunehmen seyn werden.

Wenn man eine Temperatur-Ungleichheit der verschiedenen Himmelsgegenden zugiebt, so folgt, dass die Menge der Sternenwärme, welche in jeden Augenblick und in allen Richtungen, auf ein Element der Erdoberfläche fällt, mit diesem Element sich ändert, und dass sie auch an einem und demselben Ort sich mit der Tagesstunde ändert. Tägliche Ungleichheiten dieser Art werden jedoch für einen Punkt der Erdoberfläche so schwach seyn, dass man sie vernachlässigen kann, vor allem, wenn die Sternentemperatur, wie wahrscheinlich, während eines Tages vielmals aus ihrem Mittel auf- und abschwankt.

»Zwei Elemente der Erdoberfläche, sagt Hr. Poisson, welche auf gleichem Parallelkreis liegen, empfangen während der Dauer eines Sternentags gleiche Mengen Sternenwärme; allein anders verhält es sich bei zwei Elementen, welche verschiedenen Breiten entsprechen, besonders wenn das eine in der südlichen und das andere in der nördlichen Halbkugel liegt. Sterne, welche Wärme nach einem dieser Elemente schicken, werden sie niemals nach dem andern senden; dies z. B. findet statt für alle Sterne in Betreff der an beiden Polen liegenden Elemente. Daraus folgt, dass die Mengen von Sternenwärme, welche während jeden Sternentags von den gesamten Oberflächen beider Halbkugeln aufgefangen werden, sehr verschieden von einander seyn können. Der Fall ihrer Gleichheit würde sogar ganz unwahrscheinlich seyn, und aus ihrer Verschiedenheit folgt, dass die mittleren Temperaturen beider Hemisphären, bei Gleichheit aller übrigen Umstände, ungleich seyn werden.«

Wir haben oben bemerkt, dass man die mittlere Temperatur der südlichen Halbkugel geringer annimmt als die

der nördlichen. Und, wie wir gesieht, könnte man diesen Unterschied davon ableiten, dass diese beiden Hälften, obgleich jedes Jahr fast gleiche Mengen Sternenwärme aufnehmend, doch nicht ein gleiches Absorptionsvermögen, und folglich auch nicht ein gleiches Ausstrahlungsvermögen besitzen. Hr. Poisson meint, dieser Unterschied könne zum Theil auch davon herrühren, dass die südliche Halbkugel weniger Sternenwärme aufsange als die nördliche. Dies ist offenbar nur eine Hypothese, denn obwohl man zu der Annahme geführt wird, dass die beiden Halbkugeln ungleiche Quantitäten von Sternenwärme empfangen müssen, so beweist doch nichts, dass es gerade die südliche Halbkugel sey, welche weniger von dieser Wärme erhalte.

Wie verschieden unter sich die Mengen der von den einzelnen Stücken der Sternenhülle ausgesandten Wärme auch seyn mögen, so ergiebt sich doch daraus für jeden Ort in dieser Hülle und für einen Körper, wie die Erde, an einem solchen Ort eine gewisse unveränderliche und bestimmte Temperatur. Diese Temperatur wird nun im Innern jener Hülle nicht überall die nämliche seyn, vielmehr von einem Ort zum andern verschieden. Soll aber diese Verschiedenheit merklich werden, so müssen, wegen der unermesslichen Dimensionen der Sternenhülle, die besagten Punkte durch einen ungeheuren Abstand von einander getrennt seyn. Da nun die Abstände der Sterne von der Erde außerordentlich gross sind, selbst gegen den Durchmesser der Erdbahn, so folgt, dass die Erde sich während ihres Umlaufs um die Sonne in einem Raum bewegt, dessen Temperatur überall gleich oder nicht wahrnehmbar verschieden ist, so dass die Sternenwärme zu keiner jährlichen Ungleichheit in der Temperatur des Erdballs Anlass geben kann. Anders verhält es sich aber, wenn man die Bewegung unseres Planetensystems im Himmelsraum erwägt. Bei dieser Bewegung, die mit einer außerordentlichen Langsamkeit geschieht, nähert sich die

Erde gewissen Sternen, entfernt sich von andern, und tritt mit neuen Gestirnen in Wärme-Gemeinschaft. Wir werden weiterhin sehen, wie Hr. Poisson diesen Satz benutzt, um zu erklären einerseits die wohlbekannte That-sache, dass die Temperatur mit der Tiefe in der Erde zunimmt, und andererseits die allgemein angenommene Hypothese, dass unser Erdball vor sehr langen Zeiten eine bedeutend höhere Temperatur als die jetzige besaß.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen über die Sternenwärme handelt es sich nun darum, den Einfluss derselben auf die Temperatur des ganzen Erdballs und einzelner Theile seiner Oberfläche genau zu bestimmen. Allein diese Bestimmung ist nicht eher möglich, als bis man die Wärme-Wirkung der Atmosphäre berechuet hat. Denn wenn man aus der beobachteten Mitteltemperatur denjenigen Theil hergeleitet hat, welcher Wirkung der Sonnenwärme ist, so ist das Uebrige vereinte Wirkung der Sternenwärme, und dessen, was Hr. Poisson atmosphärische Wärme nennt. Da man die erstere nicht unmittelbar und für sich bestimmen kann, so lässt sich ihr Anteil an der beobachteten Temperatur nur auffinden, wenn es gelingt, die Wirkung der zweiten genau auszumitteln. Und dies ist es, was wir nun versuchen wollen.

### 3) Atmosphärische Wärme.

Die Atmosphäre wirkt auf die Temperatur unserer Erde in zweierlei Weise, durch Strahlung und durch unmittelbare Berührung. Um den totalen Effect dieser doppelten Wirkung zu berechnen, muss man wissen, welche Temperatur die Atmosphäre in ihren verschiedenen Theilen besitzt.

Von der Thatsache ausgehend, dass die Temperatur mit Erhebung in der Atmosphäre sinkt, nimmt Hr. Poisson an, sie sey an der oberen Gränze außerordentlich gering, denn sie muss so niedrig seyn, dass die obere Schicht der Atmosphäre, ungeachtet ihrer geringen Dichte,

in den Zustand versetzt wird, welchen Hr. Poisson für den Zustand der Flüssigkeit hält<sup>1</sup>). In dem der Erde zunächst liegenden, folglich dichtesten, aber auch zugleich min-

1) Hr. Poisson denkt sich nämlich die oberste Luftsicht wirklich als eine tropbare Flüssigkeit. An einer andern Stelle seines Werkes drückt er sich darüber folgendermaßen aus: »Durch Berührung mit dem Erdboden nimmt die Atmosphäre an ihrer unteren Gränze eine Mitteltemperatur an, die der dieses Bodens gleich ist, d. h. gleich dem Mittel aus den Temperaturen, die ein sehr wenig in das Erdreich versenktes Thermometer während eines langen Zeitraums angibt. So wie man sich erhebt, nehmen Druck und Dichtigkeit ab; allein, soll die Atmosphäre begrenzt seyn, muss ihre Spannkraft in einem grösseren Verhältniss als ihre Dichte abnehmen, damit diese Kraft an der oberen Gränze, wo die Dichtigkeit, wie schwach auch nur, doch noch vorhanden ist, ganz und gar Null werde. Daraus entspringt die Nothwendigkeit einer Abnahme der Temperatur mit der der Dichtigkeit. In Folge dieser Abnahme muss die Temperatur an der oberen Gränze so beschaffen seyn, dass die Luft gar kein Ausdehnungsbestreben mehr besitzt und wirklich flüssig ist. Solch eine Temperatur muss aber sehr niedrig seyn, weit niedriger noch als die, welche an der Oberfläche der Erde zur Flüssigmachung der Luft erforderlich ist; denn es steht zu glauben, dass die Temperatur, bei welcher ein Gas flüssig wird, desto niedriger seyn müsse, je geringer die Dichte desselben ist. Zur Fixirung der Ideen kann man sich demnach eine auf dem Meere ruhende Säule der Atmosphäre als ein elastisches Fluidum denken, welches von zwei (tropbaren) Flüssigkeiten begrenzt ist, von einer im gewöhnlichen Zustande der Dichtigkeit und Temperatur, und von einer andern, bei welcher Temperatur und Dichtigkeit ungemein gering sind.“

Hiezu macht nun Hr. de la Rive folgende Bemerkung. Wir begreifen sehr wohl mit Hrn. Poisson, dass, wenn die Atmosphäre eine obere Gränze haben soll, sie daselbst ein Fluidum ohne Spannkraft bilden müsse, weil sonst dies Fluidum sich noch ausdehnen und in den Himmelsraum verbreiten würde; wir begreifen auch, dass eine sehr niedrige Temperatur zur Vernichtung dieser Spannkraft beitragen müsse. Allein wir können nicht zugeben, dass dieses Fluidum eine Flüssigkeit im gewöhnlichen Sinne des Wortes sey, eine solche z. B. in welche fast

mindest ausgedehnten Theil hat die Atmosphäre eine positive Temperatur, während sie in dem Theil, welcher der Erde am entferntesten liegt, folglich am lockersten und zugleich am ausgedehntesten ist, eine negative Tem-

jedes Gas durch Anwendung einer niederen Temperatur und eines starken Druckes übergeführt werden kann. Versteht Hr. Poisson unter Liquidum nur denjenigen Zustand der Flüssigkeiten, in welchem ihre Spannkraft verschwunden ist, so ist dies eine mathematische Definition, welche ihr Gutes hat, so lange man sich nicht den physischen Zustand der Flüssigkeit vorzustellen sucht. Indes bemerken wir, daß dem nicht so sey, wenn man Flüssigkeiten definiren soll; denn der Zustand der Flüssigkeit setzt nicht allein Abwesenheit der Spannkraft voraus (doch wohl nicht nothwendig. P.), sondern auch eine mehr oder weniger moleculare Anziehung zwischen den Theilchen, eine Anziehung, die wir hier unmöglich annehmen können.

Wir glauben also, daß der Zustand, in welchem sich die Luft an der oberen Gränze der Atmosphäre befindet, nicht der Zustand der Flüssigkeit sey; es ist auch nicht der Gaszustand, da die Spannkraft verschwunden ist. Was ist er aber denn? wird man fragen; das, scheint mir, läßt sich folgendermassen am richtigsten beantworten.

Das Gewicht einer Flüssigkeit oder die Kraft, welche dieselbe zum Erdkörper zieht, wohnt jedem ihrer untheilbaren Theilchen ein, ist unabhängig von der gegenseitigen Lage dieser Theilchen und beharrt so lange als diese Theilchen da sind. Die Dichtigkeit der Flüssigkeit allein ist bloß mit dem gegenseitigen Abstand der Theilchen veränderlich. Die Spannkraft einer Flüssigkeit hängt zwar auch von diesem Abstande ab; sie nimmt z. B. ab, so wie die Theilchen sich von einander entfernen, allein sie nimmt, bei gleichem Abstande zwischen diesen Theilchen, auch mit Erniedrigung der Temperatur ab. Kann es nun nicht geschehen, daß bei einer mässig niedrigen Temperatur und bei sehr grossen Abständen unter den Theilchen, diese Spannkraft verschwinde, daß die Theilchen isolirt werden, und gar keine Beziehung zu einander haben, weder Anziehung noch Abstossung auf einander ausüben, ohne doch das ihnen eigenthümliche Gewicht zu verlieren? Das ist der Zustand, in welchem sich, nach unserem Ermessen, die Theilchen der obersten Luftsicht befinden. Keinen Druck unterworfen, können sie, ohne allen Widerstand, der sie von einander zu trennen stre-

peratur besitzt. Die mittlere Temperatur des negativen Theils muß viel weiter unter  $0^{\circ}$  liegen als die mittlere Temperatur des positiven über demselben Punkt. Dieser Umstand, verbunden mit dem, daß der erstere Theil

benden Abstossungskraft gehorchen; sie entfernen sich von einander bis diese Kraft verschwunden ist, und letztere kommt wieder zum Vorschein, sobald die gegenseitigen Abstände wieder kleiner werden, die übrigens desto kleiner sind, je niedriger die Temperatur ist. Es ist aber zur Verwirklichung dieses Zustandes nicht nothwendig, daß die Temperatur übermäßig niedrig sey, wie Hr. Poisson voraussetzt; er könnte selbst bei allen Temperaturen statt haben, wenn nur die Abstände zwischen den Theilchen um so grösser sind als die Temperatur höher ist. Die so, bis zum Verschwinden der Spannkraft von einander entfernten Theilchen verlassen aber nicht die Atmosphäre, deren oberste Schicht sie bilden, weil sie der Schwerkraft unterworfen sind, und daher von der Erde angezogen werden.

[Die eben aufgestellte Idee kommt offenbar sehr nahe mit der überein, welche im J. 1822 von dem verstorbenen Wollaston, und früher noch, i. J. 1819, von unserem Landsmann, dem Prof. Schmidt in Gießen aufgestellt worden ist. Der Unterschied zwischen beiden besteht nur darin, daß, nach der Vorstellung der beiden letzten Physiker, die obersten Theilchen der Atmosphäre sich so weit von den darunter liegenden Lufttheilchen entfernen, bis sie, vermöge ihres Gewichts, der zwischen ihnen und letzteren stattfindenden, durch die niedrige Temperatur sehr geschwächten Anziehung das Gleichgewicht halten, während, nach Hrn. De la Rive, jene obersten Theilchen, da sie keinen Druck erleiden, sich ganz aus dem Wirkungskreis der darunter liegenden entfernen, ohne alle Beziehung zu diesen sind, und frei im Raume umherschwimmen, doch angezogen von der Erde.

Diese Ansicht, wir können es nicht verbergen, scheint uns eben so unhaltbar als die von Poisson. Denn wenn die obersten Lufttheilchen gegen die Erde gravitiren, woran ja nicht zu zweifeln, warum sollten sie nicht so weit herabsinken, bis sie in den Wirkungskreis der darunter liegenden kommen? Wenn ferner die Theilchen der obersten Schicht, vermöge ihres Gewichts, keinen Druck auf die Theilchen der zweiten Schicht ausübt: was hinderte denn die letzteren sich eben so aus dem Bereich des Wirkungskreises der dritten Schicht zu begeben? Gewiss nichts; sie würden isolirt herumschwimmen, wie die

ausgedehnter ist, muss ihm auf die Temperatur der Erdoberfläche einen vielleicht gröfsen oder wenigstens eben so großen Einfluss geben als der positive Theil besitzt, ungeachtet dieser dichter ist, näher liegt, und nicht bloß durch Strahlung, sondern auch durch Berührung wirkt.

obersten. Eben so würden es folgweis die Theilchen aller tiefer liegenden Schichten machen, und wir demnach an der Oberfläche der Erde gar keinen Luftdruck mehr haben. Schwerlich hat Hr. De la Rive bedacht, welche Ungereimtheiten aus seiner Hypothese fließen, sonst würde er dieselbe gegen die so naturgemäße Ansicht von Wollaston und Schmidt, falls sie ihm bekannt gewesen, augenblicklich vertauscht haben. Letztere hat übrigens auch noch den Vorzug, dass sie gar nicht der Annahme eines besondern, vom gewöhnlichen Gaszustand verschiedenen Zustandes bedarf. Ihr gemäls wirken nämlich die Lufttheilchen, oben an der äussersten Gränze der Atmosphäre, bloß vermöge ihres eigenen Gewichts der Abstossungskraft der tiefer liegenden Theilchen entgegen; unten thun sie es vermöge ihres Gewichts und des Gewichts der höher liegenden, auf sie drückenden Theilchen. In beiden Fällen ist Gleichgewicht da, d. h. kein Bestreben zur Ausdehnung. Könnte man bei den obersten Theilchen das Gewicht verringern, wie man den Druck auf die unteren vermindern kann, so würde sogleich die Spannkraft sich thätig äussern und die Theilchen weiter aus einander treiben. Es ist also, nach dieser Vorstellung, zwischen dem Zustand der obersten Schicht der Atmosphäre und dem jeder tiefer liegenden gar kein specifischer Unterschied da. Beide sind nichts anderes als der wahre Gaszustand. Die einzelnen Atome freilich würden weder unten noch oben gasförmig seyn!

Was übrigens die Annahme von Poisson betrifft, der gemäss die oberste Schicht der Atmosphäre tropfbar flüssig seyn soll, so hat sie erfahrungsmässig noch das gegen sich, dass wir keine, in höheren Temperaturen flüchtige Flüssigkeit kennen, die nicht auch in niederen Temperaturen ein Streben zur Dampfbildung besässe, zumal wenn der äussere Druck höchst gering, ja ganz Null ist. Wenn also oben in der Atmosphäre liquide Luft vorhanden wäre, so würde sie wahrscheinlich nicht die oberste Schicht einnehmen, sondern von gasförmiger Luft bedeckt seyn. Findet man übrigens in der Liquefaction der Luft kein Bedenken, so kann man auch noch einen Schritt weiter gehen, und sie starr werden lassen. Hat man doch schon durch dergleichen Luft-Schnee das Nordlicht zu erklären gesucht. P.]

Wenden wir nun diese allgemeinen Betrachtungen an, den Einfluss der atmosphärischen und Sternen-Wärme zu Paris zu ermitteln. Wie wir gesehen, würde die mittlere Temperatur dieser Stadt ohne Sonnenwirkung sehr nahe —  $13^{\circ}$  C. betragen. Diese Temperatur entspringt aus dem Wärme-Austausch sowohl zwischen der Erde und dem über dem Horizont dieser Stadt liegenden Theil der Atmosphäre als auch zwischen der Erde und sämtlichen Sternen, welche während eines Sternentages über den Horizont gelangen. Nach dem zuvor Gesagten giebt es einen Augenblick, wo der Theil dieser Temperatur, welche von der Atmosphäre herrührt, negativ oder höchstens gleich  $0^{\circ}$  seyn muss, so dass der andere, von der Sternenwärme herstammende Theil, nachdem er successiv den Aether und die Atmosphäre durchdrungen hat, weit höher als —  $13^{\circ}$  C. seyn muss. Er würde sogar positiv seyn, wenn der von der Atmosphäre herrührende Theil niedriger als —  $13^{\circ}$  C. wäre, was indefs nicht wahrscheinlich ist.

Diese von der Sternenwärme erzeugte Temperatur wird im Allgemeinen für alle Punkte Eines Parallelkreises die nämliche seyn; sie könnte aber mit der Breite variiren, theils wegen der verschiedenen Beschaffenheit der Atmosphäre über dem Horizont, theils wegen ungleicher Temperatur der verschiedenen Himmelsgegenden. Unter dem Aequator wird die besagte Temperatur mehr oder weniger niedriger seyn als die in unseren Breiten, je nachdem die von der Sonne erzeugte Temperatur grösser oder kleiner als  $42^{\circ}$  C. ist, weil die mittlere Temperatur daselbst  $27^{\circ},5$  C. beträgt. Nun haben wir gesehen, dass die Sonnenwirkung wenigstens  $35^{\circ}$  zur mittleren Temperatur unter dem Aequator beträgt. Wenn sie aber nicht  $42^{\circ}$  dazu beiträgt, muss die Temperatur, welche aus der Sternenwärme entspringt, daselbst etwas höher seyn als zu Paris; am Pol würde sie dagegen etwas niedriger seyn.

Was die Temperatur des Himmelsraums selbst betrifft, in welchem sich die Erde bewegt, so ist es die, welche da-selbst ein Thermometer von sehr kleinem Volum zeigen würde, wenn es vor der Sonne geschützt wäre. Sie ist es auch, welche der Mittelpunkt der Erde zuletzt annehmen würde, wenn er keiner anderen Wärmewirkung unterworfen wäre als der strahlenden Wärme der Sterne, so wie sie beim Durchgange durch den Aether von des-sen Absorptionsvermögen abgeändert wird. Um die Tem-peratur des Himmelsraums aus Beobachtungen, angestellt an der Oberfläche der Erde oder in geringen Tiefen, zu berechnen, müfste man zunächst den Werth der Mittel-temperatur bestimmen, welche, bei Abwesenheit der Son-nenwärme, für jeden Punkt dieser Oberfläche oder we-nigstens für jeden Parallelkreis erfolgen würde. Von diesem Werth müfste man den aus der atmosphärischen Wärme entspringenden Theil abziehen, und dann aus der übrigbleibenden Temperatur, die sich auf die Erd-oberfläche bezöge, folgern, wie grofs dieselbe an der Gränze der Atmosphäre seyn würde. Dies erforder-te jedoch die Kenntniß des Gesetzes der Wärmeabsorption in dieser flüssigen Masse.

Man sieht hieraus, dass zu einer etwas genauen Berechnung der Temperatur des Himmelsrauns die nö-thigen Data fehlen. Um uns indess eine Idee von ihr zu machen und zu erfahren, ob sie weit unter  $0^{\circ}$  liege oder im Gegentheil nicht darüber, wollen wir absehen von der Absorption, welche die Sternenwärme in der Atmosphäre erleidet; wir setzen voraus, sie falle in glei-cher Menge auf alle Elemente der Erdoberfläche, und wir vernachlässigen dabei die atmosphärische Wärme, d. h. nehmen an, sie sey Null oder sehr klein vermöge einer Art Compensation zwischen dem dichteren Theil der At-mosphäre, dessen Temperatur positiv ist, und dem wen-iger dichten und ausgedehnten Theil, dessen Temperatur negativ ist. Daraus folgt, dass man für die Temperatur

des Raums, in welchem sich die Erde bewegt, —  $13^{\circ}$  C annehmen kann, d. h. den für Paris berechneten Werth. Der Einfluss der atmosphärischen Wärme, welchen wir vernachlässigt haben, würde diesen Werth ohne Zweifel näher an  $0^{\circ}$  bringen; indes scheint diese Erhöhung doch nicht so gross seyn zu können, dass die Temperatur des Raums dadurch positiv würde.

Was für einen Werth die Temperatur des Raums übrigens auch haben möge, so darf man doch nicht vergessen, dass diese Temperatur auf der Bahn, welche unser Planetensystem im Raum verfolgt, variiert, und dass, wenn sie auch an dem Ort, wo dasselbe sich jetzt befindet, wenig von  $0^{\circ}$  abweicht, es Zeiten gegeben hat und noch geben wird, da sie sehr viele Grade darüber oder darunter gewesen seyn oder noch kommen könnte. Es sind diese grossen Variationen, welchen, wie wir sogleich sehen werden, Hr. Poisson die Zunahme der Wärme des Erdballs in Richtung nach dem Mittelpunkt zuschreibt.

#### 4) Centrale oder innere Erdwärme.

»Nachdem erwiesen worden, dass die Wärme des Erdkörpers, von einer gewissen Tiefe ab, nach dem Innern zunimmt, hat man sich bemüht, die Ursache davon aufzusuchen. Fourier und später Laplace erklärt diese Erscheinung durch Annahme einer ursprünglichen, noch gegenwärtig von der Erde bewahrten Wärme, welche vom Mittelpunkt nach der Oberfläche abnehme, so dass sie dort außerordentlich hoch, hier aber sehr unbedeutend sey.“

Diese sind fast die eignen Ausdrücke von Hrn. Poisson, welcher, nachdem er die angeführte Hypothese in Kürze zergliedert hat, folgendes hinzufügt.

»Keine der Folgerungen aus der Annahme einer ursprünglichen, gegenwärtig an der Erdoberfläche noch merklichen Wärme ist ein Einwurf gegen diese Meinung noch ein Grund zu Gunsten derselben; wenigstens so lange

als nicht die numerischen Verhältnisse, die sich daraus ergeben, durch die Beobachtungen mehrer Jahrhunderte bestätigt oder widerlegt sind. Allein diese Hypothese bietet Schwierigkeiten dar, die sie, mir scheint, wenig wahrscheinlich machen.«

»In der besagten Hypothese, geht die Wärmezunahme, welche man in allen zugänglichen Tiefen beobachtet hat, noch weit darüber hinaus, bis zum Mittelpunkt der Erde fort, so dass in großen Abständen von der Oberfläche außerordentlich hohe Temperaturen herrschen würden. Gesetzt diese Wärmezunahme betrage  $1^{\circ}$  C. für 30 Meter Tiefenanwuchs, so würde die Erde in der Tiefe von einem Hundertel ihres Radius eine Temperatur von über 2000 Grade C. besitzen. Freilich sind bei so hohen Temperaturen die specifische Wärme und die Leistungsfähigkeit nicht mehr constant; auch ist es möglich, dass die innere Strahlung sich nicht mehr bloß auf unmerkliche, selbst nicht auf sehr kleine Abstände beschränke. Da die Gleichung mit partiellen Differenzen, welche die Bewegung der Wärme ausdrückt, dann nicht mehr linear und von zweiter Ordnung ist, so könnte die Temperatur der Erde längs jeder Verticale in einem gröfseren oder in einem kleineren Verhältnis als der Abstand von der Oberfläche wachsen, wiewohl der Abstand immer ein kleiner Theil des Radius wäre. Allein es handelt sich hier nicht darum, die Temperatur des Innern genau zu berechnen; es handelt sich bloß darum zu zeigen, dass sie schon in 60000 Meter Tiefe außerordentlich hoch seyn würde. Um sich eine Idee davon zu machen, wie hoch sie im Mittelpunkt der Erde seyn würde, kann man den Erdkörper als einen homogenen Körper betrachten, und absehen von der Zunahme in der Dicke der Erdschichten, von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt, eine Zunahme, welche den Anwuchs der Temperatur rascher oder langsamer machen könnte.

In diesem Fall zeigt nun die Rechnung, dass die

Temperatur im Mittelpunkt mehr als zwei Millionen Grade betragen würde. Im Mittelpunkt und im größten Theil ihrer Masse würden demnach die Bestandtheile der Erde als glühende Gase vorhanden seyn, so verdichtet jedoch, dass ihre mittlere Dichtigkeit mehr als fünf Mal so groß als die des Wassers wäre. Um sie auf diesen Grad von Compression und Wärme zu erhalten, bedürfte man einer außerordentlichen Kraft, von der man sich keine Idee machen könnte; und es lässt sich bezweifeln, ob die erstarrte Erdkruste Dicke und Festigkeit genug besitze, um der Gewalt, mit denen die inneren flüssigen Schichten sich auszudehnen suchen, zu widerstehen.

Die beinahe kugelförmige Gestalt der Erde und der Planeten, so wie die Abplattung an den Rotationspolen beweiset zwar einleuchtend, dass diese Körper ursprünglich flüssig, vielleicht gar gasförmig waren. Aus diesem ursprünglichen Zustand konnte die Erde im Ganzen oder theilweise nur dadurch in den Zustand der Starrheit übergehen, dass sie Wärme verlor, indem ihre Temperatur höher war als die des umgebenden Mittels. Allein es ist nicht erwiesen, dass die Erstarrung an der Erdoberfläche anfangen musste, und von da aus nach dem Mittelpunkt vorschritt, wie es der Zustand einer im Innern größtentheils noch flüssigen Kugel voraussetzen würde. Das Gegentheil scheint mir wahrscheinlicher. In der That mussten die äußersten oder der Oberfläche benachbaritesten Theile, indem sie zuerst erkalteten, in das Innere hinab sinken und ersetzt werden durch Theile aus diesem Innern, die dann ebenfalls an der Oberfläche erkalteten, um ihrerseits wiederum zu Boden zu sinken. Dieser doppelte Strom muss in der Masse eine Temperatur-Gleichheit erhalten, oder wenigstens verhindert haben, dass die Ungleichheit bei weitem so groß wurde, als es bei einem festen, von der Oberfläche her erkaltenden Körper der Fall ist. Man kann hinzufügen, dass dies Durch-einandermengen der Theile des Fluidums und die Abglei-

chung ihrer Temperaturen begünstigt werden mussten durch die Oscillationen, welche die ganze Masse nothwendig machte, ehe sie zu einer permanenten Rotationsfigur und permanenten Rotation gelangte. Andererseits konnte der außerordentlich hohe Druck auf die centralen Schichten diese weit früher als die der Oberfläche nahe liegenden Schichten zur Erstarrung bestimmen; d. h. die ersten konnten in Folge dieses außerordentlichen Drucks bei einer Temperatur erstarren, die den vom Mittelpunkt entfernter und folglich weniger gedrückten Schichten gleich kam oder sie wenig übertraf. Die Erfahrung hat gelehrt, dass z. B. Wasser, bei der gewöhnlichen Temperatur einem Druck von 1000 Atmosphären unterworfen, eine Verdichtung von ungefähr einem Zwanzigstel seines ursprünglichen Volums erfährt. Denken wir uns nun eine Wassersäule von gleicher Höhe mit dem Radius der Erde und reduciren ihre Schwere auf die Hälfte derjenigen, welche man an der Erdoberfläche beobachtet, um sie gleich zu machen der mittleren Schwere, die, in der Hypothese einer Homogenität der Erde, längs jedem ihrer Radien stattfinden würde. Die unteren Schichten dieser Wassersäule werden einen Druck von mehr als dreissig Millionen Atmosphären erleiden oder einen dreissig tausend Mal grösseren als der ist, welcher das Wasser auf  $\frac{1}{20}$  seines Volums zusammendrückt. Ohne das Gesetz der Zusammendrückung dieser Flüssigkeit und dessen Abhängigkeit von der Temperatur zu kennen, lässt sich doch glauben, dass ein so ungeheuer Druck die unteren Schichten des Wassers in eine feste Masse verwandeln würde, selbst wenn die Temperatur sehr hoch wäre. Es scheint also natürlich anzunehmen, dass die Verfestung der Erde am Mittelpunkt angefangen und von dort aus sich nach der Oberfläche fortgesetzt habe. Bei einer vielleicht außerordentlich hohen Temperatur sind die dem Mittelpunkt näher liegenden Schichten zuerst erstarrt, weil sie einen ungeheuren Druck erlitten, die folgenden Schich-

ten sind hierauf bei einer niedrigeren Temperatur und unter einem geringeren Druck erstarrt, und so fort bis zur Oberfläche.“

»Indem die Erde solcher Gestalt vom Mittelpunkt zur Oberfläche erstarrte, und, wenn man will, bis zur gänzlichen Verfestung fortfuhr zu erkalten, konnte sie schon lange ihre ursprüngliche Wärme verloren haben, so dass die Temperaturzunahme, welche man gegenwärtig nahe bei ihrer Oberfläche beobachtet, von einer ganz anderen Ursache herrührt und sich nicht bis zu sehr bedeutenden Tiefen in das Innere erstreckt. Dies ist wirklich möglich, wie man weiterhin sehen wird. Allein ich gebe diese Betrachtungen mit aller der Zurückhaltung, welche Conjecturen erfordern, die weder durch genaue Rechnungen, noch durch directe Versuche geprüft werden können.“

Nachdem Hr. Poisson auf solche Weise die Hypothese von einer centralen Wärme und einem flüssigen Zustand des Innern der Erde bekämpft hat, giebt er von der mit der Tiefe erfolgenden Temperaturzunahme eine andere Erklärung. Diese Erklärung beruht auf dem schon auseinandergesetzten Satz, dass die Temperatur des Raums sehr verschieden seyn kann an Orten, die weit aus einander liegen, und welche die Erde, vermöge der Bewegung des gesamten Planetensystems, erst nach langen Zeiträumen erreicht.

»Dies gesetzt,“ sagt Hr. Poisson, »denken wir uns, die Erde habe, bei dieser Bewegung, so lange in einem Theil des Himmelsraums verweilt, dass sie in ihrer ganzen Masse dessen Temperatur aufnahm. Wenn sie hierauf in eine andere Region übergeht, deren Temperatur weniger hoch ist, so wird sie erkalten, und, bis ihre ganze Masse diese neue Temperatur angenommen hat, wird die ihrige von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt wachsen. Das Gegentheil wird stattfinden, wenn sie in eine Gegend von höherer Temperatur als die ursprünglich

angenommene übergeht. Wenn aber abwechselnd höhere und niedere Temperaturen des Himmelsraums einander in Zeiträumen folgen, welche nicht so groß sind, dass die ganze Masse des Erdballs jede neue Temperatur annehmen kann, so erfolgen daraus mehr oder weniger rasche Zu- und Abnahmen der Temperatur, welche sich nur bis zu einer gewissen Tiefe erstrecken. Diese Betrachtungen liefern eine sehr natürliche und sehr einfache Erklärung der Temperaturzunahme, welche man gegenwärtig in allen zugänglichen Tiefen beobachtet hat. Daraus ergiebt sich also, dass die Erde, in Folge der Bewegung unseres Planetensystems, sich gegenwärtig in einer Gegend des Himmelsraums befindet, deren Temperatur weniger hoch ist als die der Region, wo sie sich in früheren Zeiten befand. Der Erdball könnte alsdann verglichen werden mit einem Körper von sehr großem Volum, den man vom Aequator nach dem Pole schafte, in einer so kurzen Zeit, dass er nicht ganz zu erkalten vermöchte; dieser würde dann also in seine Masse hinein eine Temperaturzunahme zeigen, die sich nicht bis zu den Schichten in der Mitte erstreckte. Die Zunahme der Mitteltemperatur auf jeder Verticale, so wie man in die Tiefe hinabgeht, lässt sich also, wie oben gesagt, erklären, ohne dass man die Hypothese von einer ursprünglichen, jetzt an der Oberfläche noch merklichen Wärme des Erdkörpers zu Hülfe zu nehmen braucht, eine Hypothese, welche die Annahme einer inneren, wegen ihrer außerordentlichen Höhe ganz unwahrscheinlichen Temperatur mit sich führen, und zu welcher man nur gezwungen seyn würde, wenn es unmöglich wäre, das Phänomen auf irgend eine andere Weise zu erklären.“

Indem der Verfasser seine Hypothese dem Calcül unterwirft, kommt er zu dem Resultat, dass wenn die Ungleichheit der Temperatur des Himmelsraums auf der Bahn der Erde in einer bestimmten Epoche, wie die, worin wir leben, eine merkbare Zu- oder Abnahme der

Mitteltemperatur des Erdkörpers nahe an seiner Oberfläche bewirken soll, es nöthig sey, daß in Zeiten, welche von dieser Epoche durch Tausende von Jahrhunderen getrennt sind, die Temperatur der Erdoberfläche höher oder niedriger war als die gegenwärtig beobachtete.

Gesetzt z. B. daß die Temperatur des von der Erde durchlaufenen Raums sich in 500000 Jahren um 200° C. verringert habe, so giebt die Rechnung, nach Ablauf dieser Zeit, eine Zunahme von 0°,0275 C. für jedes Meter Tiefe unterhalb der Erdoberfläche; diese Zunahme würde wenig verschieden seyn von der, welche man in Paris beobachtet hat. Allein die Rechnung zeigt auch, daß dieser Werth abnimmt, so wie man in grösere Tiefen eindringt, daß jenseits einer Tiefe von etwa 7000 Meter die Abnahme continuirlich sey, und daß in einer Tiefe von 60000 Metern, welche noch nicht ein Hundertel des Erdradius beträgt, die Ungleichheit der Temperatur des Raums nicht mehr merklich auf die innere Temperatur einwirkt. Diese Folgerungen haben noch nicht durch directe Beobachtungen geprüft werden können, und schwerlich steht zu hoffen, daß es jemals geschehen werde.

Wenn man, statt 500000 Jahre zurückzugehen, was für die Erdoberfläche eine Temperatur von 200° C. über die gegenwärtige gäbe, eine Temperatur, bei der die Erde unbewohnbar wäre, einen kürzeren Zeitraum betrachtet, so läßt sich beweisen, daß z. B. 50000 Jahre vor und 50000 nach der gegenwärtigen Epoche, die Temperatur der Erdoberfläche nur um 5° die heutige übersteigt, was nicht das Daseyn des Menschen auf derselben hindern würde.

Kurz die Zunahme der Temperatur der Erde mit der Tiefe würde, nach Hrn. Poisson, ein rein zufälliges Phänomen seyn, bloß herrührend von einer äusseren Ursache, und durchaus dem analog, was geschehen würde, wenn man eine sphärische Masse, die lange Zeit in einer gewissen Temperatur verweilt und diese zuletzt angenom-

men hätte, in einen Raum von einer andern, wenig verschiedenen Temperatur versetze, und darin langsam erkalten ließe.

---

Nachdem wir Hrn. Poisson's Ideen über die Ursachen der Erdwärme so treu wie möglich auseinandergesetzt haben, wollen wir den eben gelieferten Abrifs mit einigen Betrachtungen über die von diesem berühmten Mathematiker ausgesprochenen Theorien beschließen.

Wir stimmen ihm bei: 1) In der Berechnung, welche er von der directen und isolirten Wirkung der Sonne giebt. 2) In allen von ihm aufgestellten Sätzen über die Sternenwärme, und besonders über deren Veränderungen, je nach den betrachteten Himmelsgegenden. 3) In der Vertheilung der Wärme in der Atmosphäre. Allein wir können uns zugleich einiger Einwürfe nicht enthalten gegen seine Ansicht von der atmosphärischen Wärme, gegen seine Berechnung der Sternenwärme und gegen seine Erklärung von der Zunahme der Temperatur mit der Tiefe in der Erde.

Hr. Poisson nimmt an, die Atmosphäre habe an ihrer oberen Gränze eine außerordentlich tiefe Temperatur; andererseits schätzt er die Temperatur des Raums, in welchem sich unsere Erde, und folglich auch deren Atmosphäre bewegt, für höher als  $-13^{\circ}$  C. Mithin hätte der äußere Theil der Atmosphäre, obwohl er in einem Raum befindlich, dessen Temperatur nicht unter  $-13^{\circ}$  C. seyn kann, und obwohl er unter sich die übrige Atmosphäre und die Erde hat, deren Temperatur weit höher ist als  $-13^{\circ}$  C., dennoch eine unendlich niedrigere Temperatur. Dies Resultat ist nur begreiflich, wenn man von dem Satz ausgeht, dass die Atmosphäre eine *unabhängige* Wärmequelle sey, analog, in dieser Beziehung, der Sonnenwärme und der Sternenwärme. Mit anderen Worten, nach Hrn. Poisson würde die Temperatur,

welche die Atmosphäre besitzt, eine Folge ihrer physischen Constitution seyn, und nicht bloß ein Resultat der Wirkung anderer Wärmequellen; deshalb würde sie, ungeachtet der Wirkung dieser Quellen, an ihrer oberen Gränze eine Temperatur behalten, verschieden von der, welche diese Quellen ihr zu geben trachten.

Unmöglich können wir dieser Meinung beipflichten, da sie uns mit den allgemein angenommenen physikalischen Grundsätzen unvereinbar scheint. Die Atmosphäre macht einen Theil des Erdkörpers aus; wie dieser, ist sie der Wirkung gewisser Wärmequellen unterworfen, und ihre physische Constitution ist eine Folge, nicht eine Ursache ihrer eigenen Temperatur. Freilich kann die Atmosphäre auf die Vertheilung der Temperatur an der Erdoberfläche einwirken, und folglich ist es nothwendig, wenn man sich mit der Erdtemperatur beschäftigt, dass man ihre Wirkung in dieser Beziehung berechne; allein daraus zu schließen, dass sie sich, vermöge ihrer physischen Constitution, auf einem andern Temperaturzustand, als ihr die äusseren Wärmequellen zu ertheilen trachten würden, erhalten können, das können wir nicht zugeben. Wir sind also zu dem Glauben geführt, dass die Atmosphäre an ihrer oberen Gränze keine niedrigere Temperatur als der umgebende Raum haben könne, dass sie vielmehr durch den Einfluss der unteren Schichten und der Erde eine etwas höhere Temperatur besitze. Da wir aber andererseits einsehen, dass die Temperatur der Atmosphäre an ihrer oberen Gränze so niedrig seyn muss, dass die Elasticität der Luft vernichtet wird, so sind wir gezwungen dem Himmelsraum eine weit niedrigere Temperatur zu geben als Hr. Poisson demselben beilegt.

Uebrigens scheint uns, selbst wenn man von den von unserem Verfasser gebrauchten Datis ausgeht, nichts der eben aufgestellten Folgerung zu widersprechen. Nehmen wir z. B. was zu Paris statt hat, wo die Mitteltemperatur der Erde, wenn die directe Wirkung der Son-

nenwärme aufhörte, gleich  $-13^{\circ}$  C. seyn würde. Um zu erklären, wovon diese Temperatur  $-13^{\circ}$  herstamme, erinnere man sich, dass wenn man die directe Wirkung der Sonnenwärme auf die Erdoberfläche selbst aufhören lässt, man annimmt, dass in dem Zustand der Dinge keine anderweitige Veränderung eintrete, und dass insbesondere die Atmosphäre (vermöge einer rein hypothetischen Abstraction) genau dieselbe Temperatur behalte, als im Fall die Sonne den Boden direct erwärmt. Für die den Boden berührende Schicht war nun, und muss es noch seyn, diese Temperatur beinahe  $+11^{\circ}$  C. Warum nimmt nun der Erdkörper an seiner Oberfläche die Temperatur  $-13^{\circ}$  C. an, ungeachtet er mit einer Luftschicht von  $+11^{\circ}$  C. in Berührung steht? Deshalb, weil er gegen den Himmelsraum ausstrahlt, und weil die Atmosphäre die strahlende Wärme durchlässt, nimmt er eine Temperatur an, welche zugleich abhängt von der der umgebenden Luftschicht und von der der Sternenhülle, mit welcher er in Wärme-Austausch tritt. Wenn die Luftschicht nicht vorhanden wäre, würde die Temperatur der Sternenhülle gleich seyn der des Bodens, d. h. gleich  $-13^{\circ}$  C.; allein da die Luftschicht von  $+11^{\circ}$  C. erwärmend auf diese Oberfläche wirkt, so muss offenbar, damit diese letztere ihre Temperatur  $-13^{\circ}$  behalte, die Temperatur der Hülle oder die durch die Sternenwärme erzeugte Temperatur des Raums weit niedriger seyn. Um annähernd zu berechnen, wie gros sie sey, müfste man folgende experimentelle Aufgabe lösen:

Die Kugel eines grossen Thermometers werde in einer luftleeren Hülle auf einer constanten Temperatur, z. B. auf  $0^{\circ}$  erhalten. Auf diese leite man einen Gasstrom, ebenfalls von constanter, aber anderer Temperatur, z. B. von  $100^{\circ}$  C. Man leite ihn so, dass das Gas um die Kugel eine gegen deren Durchmesser sehr dünne Hülle bilde. Damit das Gas sich nicht im Vacuo zerstreue, sey es auch von einer Hülle umgeben, die aber die strahlende

Wärme ohne Schwierigkeit durchlässt<sup>1)</sup>). Was für eine Temperatur wird nun die Kugel annehmen? Wird sie bei 0° oder bei 100° liegen oder das Mittel 50° seyn? Dies zu beantworten ist jetzt unmöglich; vielleicht wird es später geschehen können. Wenn einmal diese Aufgabe gelöst ist, wird es leicht seyn eine Anwendung davon zu machen auf die Bestimmung der Temperatur des Raums, in welchem sich die Erde bewegt. Denn die Data sind hier: die Temperatur der den Boden berührenden Luftsicht und die mittlere Temperatur dieses Bodens (abgesehen dabei von der Portion, die von der directen Wirkung der Sonnenstrahlen abhängt); die Unbekannte ist die Temperatur der Hülle, welche man wird bestimmen können, sobald man ihr Verhältnis zu den beiden andern kennt. Freilich müfste man auch die grösere oder geringere Leichtigkeit kennen, mit welcher die Atmosphäre die strahlende Wärme durchlässt. Tägliche regelmässige Beobachtungen am Aethrioskop, wie man sie gegenwärtig auf der Sternwarte zu Genf anstellt, werden nach einiger Zeit dieses Datum liefern.

Bisher haben wir einen Umstand noch nicht in Rechnung gezogen, welcher ebenfalls dahin führen würde, dem Raum eine niedrigere Temperatur beizulegen als die, welche sich aus den obigen Betrachtungen ergiebt; dies ist der Einfluss der innern Erdwärme auf die Temperatur der Erdoberfläche. Um diese zu Paris auf —13° C. zu erhalten, muss die Sternenhülle eine so niedrigere Temperatur haben, dass sie nicht nur die Wirkung der Luftsicht von +11° C., sondern auch die der inneren Wärme aufwiegt. Es scheint mir daher nicht schwierig einzusehen, dass diese Temperatur, obwohl jede Berechnung derselben unmöglich ist, so niedrig seyn müsse, um den

1) Zu dieser Hülle könnte man Steinsalz anwenden, da dasselbe, nach Hrn. Melloni's Versuchen, strahlende Wärme von jeglicher Intensität durchlässt.

den physischen Zustand zu erklären, in welchem sich die an dieser Temperatur theilnehmende Gränschicht der Atmosphäre befindet.

Zwar wird der zuletzt erwähnte Umstand von Hrn. Poisson nicht angenommen werden, da er das Daseyn einer Erdwärme läugnet. Allein dies ist auch einer von den Punkten, über welche unsere Meinung von der des berühmten Mathematikers abweicht. Wir erkennen die Kraft seiner Einwürfe gegen die Annahme eines noch flüssigen Zustandes des Erd-Innern an; allein wir glauben nicht, dass es nöthig sey, diesen flüssigen Zustand vorauszusetzen, um das Daseyn einer innern Wärmequelle zu erklären. Es reicht die Annahme hin, dass in einer gewissen Tiefe unterhalb der Oberfläche der Erde eine chemische Wirkung stattfinde. Nichts ist wahrscheinlicher als die Existenz einer solchen Wirkung, da alle zu ihrer Eszeugung nothwendigen Data vorhanden sind. Wir verbreiten uns nicht weiter über diesen Punkt, der nächstens besser, als wir es zu thun vermöchten, von einem gelehrten Kollegen des Hrn. Poisson, Hrn. Becquerel, auseinandergesetzt werden wird. Wir begnügen uns bloß daran zu erinnern, dass die Phänomene der Vulkane, der heißen Quellen und Erdbeben eben so viele Thatsachen sind, welche, wie die Temperaturzunahme mit der Tiefe, das Daseyn einer kräftigen Wärmequelle im Innern der Erde erweisen.

Es scheint uns also nicht, dass die Theorie des Hrn. Poisson, ungeachtet ihrer Sinnreichheit, angenommen werden könne; vor allem, wenn man erwägt, welche ungeheuren Temperaturveränderungen sie im Himmelsraum voraussetzen müfste, Veränderungen, welche noch bedeutender werden als Hr. Poisson andeutet, wenn man genöthigt ist, wie wir es glauben thun zu müssen, dem Himmelsraum eine weit geringere Temperatur als  $-13^{\circ}$  C. beizulegen. Wo sind die Beweise, dass diese Temperatur des Weltenraums für eine andere Lage der Erde hö-

her war, und nicht niedriger oder eben so gross als jetzt. Und wenn man erwägt, mit welcher außerordentlichen Langsamkeit unser Planetensystem sich im Weltenraum fortbewegt, so schaudert man vor der unermesslichen Zahl von Jahrhunderten, die zwischen jetzt und damals wo die Erde sich in einem Theil der Sternenhülle befand, welcher in allen Beziehungen nothwendig sehr verschieden war von dem, wo sie gegenwärtig befindlich ist, verstrichen seyn müfste.

---

[Möge es erlaubt seyn, die Hypothese des berühmten Mathematikers noch von einer andern Seite her zu beleuchten. Hr. Poisson giebt zu, wie man gesehen, dass die Erde, wegen ihrer Kugelgestalt, ehemals flüssig gewesen; aber er bestreitet, dass sie es jetzt noch sey im Innern, hält es sogar für unmöglich. Er lässt sie aus dem feurigflüssigen Zustand von innen her erstarren, lässt sie durch Tausende von Jahrhunderten ihre hohe Temperatur ganz verlieren, darauf in eben so unermesslichen Zeiträumen von außen her durch die Strahlung glühender Fixsterne bis zu einer gewissen Tiefe erhitzen, und nun endlich abermals erkalten. Alles dieses wird von ihm angenommen, lediglich weil er es nicht für glaublich hält, dass die Erde bei ihrer Erkaltung von außen her auch von dort zu erstarren begonnen habe.

Billig kann man hiebei wohl fragen, ob denn dieser Vorgang eine solche Unwahrscheinlichkeit habe, dass es gerechtfertigt sey, ihn auszuschliessen und dafür zwei neue so extravagante Hypothesen hinzustellen. Was wissen wir denn von dem specifischen Gewicht der Bestandtheile unseres Erdballs im flüssigen und im starren Zustand? Schwimmt nicht Eis auf Wasser, starres Eisen auf geschmolzenem? Warum sollen denn gerade die erstarrten Theile des Erdkörpers in der Gluth untergesunken seyn? Nothwendig war es nicht, und er-



wiesen durch Erfahrungen ist es auch nicht. Selbst wenn die erstarren Theile ein wenig dichter waren als die flüssigen, brauchten sie nicht nothwendig unterzusinken, sondern konnten durch die Centrifugalkraft an der Oberfläche zurückgehalten worden seyn.

Eben so wenig ist bekannt, dass eine Flüssigkeit, zumal bei hoher Temperatur, sich durch bloesen Druck verfesten könne; für die, welche bei ihrer Erstarrung sich ausdehnen, ist es nicht einmal wahrscheinlich. Alle Gründe also, welche Hr. Poisson gegen die Möglichkeit einer Erstarrung der Erde von der Oberfläche ab hervorsucht, haben nicht das Gewicht, welches er und auch Hr. de la Rive ihnen beilegt. Immerhin mögen einzelne ausgeschiedene Massen von grösserem specifischen Gewichte hinabgesunken seyn; aber dass Alles hinabsank, sich oben auf gar keine Kruste bildete, welche, worauf es hier ankommt, das Erkalten des Erdkörpers hemmte oder sehr verlangsamte, das kann sicher nicht zulässig genannt werden.

Mit der Annahme, das Innere der Erde sey gegenwärtig noch flüssig, fällt zugleich ein anderer von Hrn. Poisson erhobener Einwurf fort, nämlich die stete Zunahme der Wärme nach dem Mittelpunkt und die überschwenglich hohe Temperatur von zwei Millionen Graden daselbst, die er, etwas kühn, aus den innerhalb der Erdkruste gemachten Beobachtungen abgeleitet hat. Dieser Einwurf beruht wesentlich auf der Voraussetzung eines starren Erdkerns, wiewohl er auch stillschweigends den gleichfalls unerwiesenen Satz einschliesst, dass die Wärme überhaupt einer unendlichen Steigerung fähig sey. Ist das Innere flüssig, so steigt die Temperatur nur bis dahin; innerhalb der Flüssigkeit selbst wird sie durch die nothwendig eintretenden Strömungen so gut wie gleichförmig gemacht seyn.

Alle diese Gründe, im Verein mit den bereits von Hrn. de la Rive angeführten, wohl erwogen, wird man

sicher zugeben, dass die Hypothese des Hrn. Poisson keine grosse Wahrscheinlichkeit, und mindestens keine Vorzüge vor der bisher angenommenen habe.

Was endlich die Meinung des Hrn. de la Rive betrifft, der gewissermassen die von H. Davy aufgestellte, aber von ihm selbst wieder verlassene Hypothese von chemischen Actionen wieder aufzufrischen sucht, so kann man wohl fragen, was für chemische Processe es denn seyen, die in dem ebenfalls als *starr* von ihm angenommenen Erdkerne ein so allgemeines Phänomen, wie die innere Temperatur, zu erzeugen vermöchten. Die vulkanischen Erscheinungen, so weit sie bisher näher erforscht sind, haben die chemischen Actionen nur als *Folge* einer hohen Wärmequelle im Innern erkennen lassen; und in dem citirten Aufsatz des Hrn. Becquerel findet sich auch nichts Positives zur Beantwortung jener Frage. So lange sie aber nicht auf eine bestimmte Weise beantwortet worden ist, lässt sich die Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese auch nicht abschätzen. P.]

## V. Temperatur des Rheins an der Oberfläche und am Boden.

Prof. Merian in Basel hat durch Beobachtungen in der Schwimmschule daselbst, angestellt während des Sommers 1834 mit einem durch einen Wachsüberzug träge gemachten Thermometer, gefunden, dass der Rhein, der dort 16 Fuss tief ist, bis auf 0°,1 R. am Boden genau dieselbe Temperatur besitzt wie obenauf. Diese erstaunliche Temperaturlichsförmingkeit entspringt, nach ihm, aus dem Unterschied der Geschwindigkeit des strömenden Wassers in verschiedenen Tiefen, wodurch Alles schnell durcheinander gemengt wird. (*Biblioth univ. N. S. T. I p. 146.*)



*VI. Ueber mikroskopische neue Charaktere der  
erdigen und derben Mineralien;  
von C. G. Ehrenberg.*

(Nach einer neueren Mittheilung in der Academie der Wissenschaften zu Berlin vom August d. J.)

Die Abbildungen auf Tafel I.

Wer es nicht verschmäht den Gang meiner sämmtlichen bisherigen Untersuchungen eines Blickes zu würdigen, wird sich nicht wundern, wenn ich über die Verhältnisse der Mineral-Körper Beobachtungen angestellt habe, wenn diese nun allmälig Resultate geben, die zu rascher Reife gelangen, und daher der öffentlichen Benutzung übergeben werden können. Die bei allen Untersuchungen nöthigen Reflexionen und Combinationen verbinden das Anorganische mit dem Organischen auf die natürlichste Weise, und so wird der Physiolog, ausgehend vom Organischen, eben so zum Mineralogen, wie jetzt der Geognost, ausgehend vom Anorganischen, die wichtigsten Facta für Zoologie und Physiologie erfasst und zu Tage fördert.

Den offensbaren groszen sich verallgemeinernden Einfluss organischer Thätigkeit auf das sogenannte Feste der Erde habe ich nach mikroskopischen Untersuchungen bereits zur Kenntniss gebracht. Auch habe ich im vorigen Jahre einige vielleicht wenig beachtete, aber mich immer noch in Spannung erhaltende Resultate über Krystallisatons-Erscheinungen mitgetheilt. Jetzt sind auch mehrere Erscheinungen an scheinbar unkrySTALLinischen Mineral-Körpern für meine Reflexion allmälig so wichtig geworden, dass ich sie mitzutheilen mich angeregt fühle.

Es giebt, wie es mir nun scheint, eine Möglichkeit der mikroskopischen Analyse, welche für die Erkennt-

1) Siehe diese Annalen 1835.

niss der wahren Natur vieler, vielleicht aller Mineral-Körper von grossem Einfluss zu werden verspricht. Ich meine nicht die sich nur verfeinernde Kenntniß jener Reste von organischen Körpern als Bestandtheile vieler Steinarten; diese bilden ein grosses, aber nicht alleiniges Bereich der sicheren mikroskopischen Analyse. Ich meine vielmehr die ganz eigentlich anorganischen Erd- und Steinarten. Ja ich weiss bis heut noch nicht, wo es außer den Schranken der Schkraft eine Gränze dieser Charaktere geben wird, da sie von den Krystallen schon nicht mehr ausgeschlossen bleiben.

Mit anderen Worten: Es giebt für Mineralogie, wie es scheint, in einem gewissen, aber ja nicht misszuverstehenden Sinne, charakteristische sichtbare Elementartheile der Körper, welche mit den Elementarfasern des Thierkörpers und den Elementarzellen des Pflanzenkörpers vergleichbar erscheinen. Diese Elementartheile sind keineswegs jene vielbesprochenen Atome, und sind es so wenig, als Pflanzenzellen Atome der Pflanzen sind. Die unter bestimmten Gesetzen vereinigten, gleichsam polarisirten Elementartheile der Mineralien bilden regelmässige und feste anorganische Formen, deren complicirteste vielleicht die facettirten Krystalle sind.

Ich theile folgende Beobachtungen vorläufig mit: Alter Quarz, auch der wahre Krystall, zeigt unter dem Mikroskope in seinen feinsten Fragmenten dicht an einander gedrängte kleine Kugelchen, welche bis  $\frac{1}{2000}$  Linie im Durchmesser haben und sehr gleichförmig sind. Im Glase sind diese schwer zu erkennen, ohne daß man deshalb berechtigt ist ihre Anwesenheit zu verneinen. Alle von mir bisher untersuchten kieselerdigen Substanzen zeigen auf den Bruchflächen oder in ihrer ganzen Substanz ähnliche sehr kleine Körner. Ganz ähnliche Körner entstehen auf chemischem Wege, wenn man aus Kieselküsse durch Säure die Kieselerde niederschlägt. Der durchsichtigste Glimmer zeigt ähnliche gleichförmige

Elementartheile dann auf das Deutlichste, wenn er erhitzt und dadurch mit Verlust der Flüssäure undurchsichtig geworden. Gerade so erscheint Eiweiß unter dem Mikroskop vor dem Erhitzen homogen, nach dem Erhitzen (als Coagulum) wie dicht an einander, gedrängte durch Entweichen von Wasser nur contrahirte, verdichtete Kugelchen. Die unregelmäßig zusammengemischten Kugelchen der kiesel- und thonerdehaltigen Substanzen erscheinen durch starkes Glühen so regelmäßig aneinander gereiht (polarisiert?), daß sie nach allen Richtungen sich durchkreuzende gegliederte Stäbchen bilden. So sieht man sie in den Scherben des Porcellans.

Ferner bestehen viele kieselerdige Substanzen, Meerschaum, vieles Steinmark, Bergseife u. dgl., aus gegliederten Stäbchen oder aus reihenweis verbundenen gleichartigen Elementartheilen. Das Bergleder ist ein lokkerer Filz solcher Kiesel-Gliederfäden, welche an die Gaillonellen erinnern. Seit ich das gebrühte Porcellan untersucht habe, und da sich in dessen Gliederstäbchen keine (organischen) Verschiedenheiten, wie im Eisen-Ocker, finden, so glaube ich, obschon von direkter Beobachtung durch Mangel an Sehkraft verlassen, nicht direct an Organisches bei diesen Verhältnissen. Verfälschten Meerschaum kann man durch das Mikroskop sogleich entdecken. Er enthält zwischen seinen regelmäßigen Gliederfäden unregelmäßige (Sand) Körperchen. Mehrere bunte Thone, wie der streifige aus Brasilien und der rothe aus Murcia, erscheinen ganz abweichend von anderen Thonen, sie gleichen dem Meerschaum. Sehr meerschaumähnlich, aber gemischter mit Fragmenten von Feldspatkristallen, sind die Thone von Meissen und Bennstädt. Hingegen der weisse Bunzlauer Thon und der rothe Thon aus Nissa in Servien zeigen übereinstimmend Fragmente von Porcellanerde (Kaolin?) und unregelmäßige Fragmente von Quarz, Feldspath u. s. w. Der Lenzinit von Call besteht fast ganz aus Kaolin?.

Dieser Kaolin, wenn man nämlich die ältere Porcellanerde von Aue, welche in Meissen verbraucht worden, ihres Form-Unterschiedes halber, dem zersetzen Feldspathe gegenüber so nennen kann, besteht aus platten, bis  $\frac{1}{3}\sigma$  Linie grossen, oft kleineren scheibenförmigen Körpern, welche in concentrische Ringe oder Schalen zerfallen. Fast die ganze Substanz löst sich unter dem Mikroskop in gröfsere oder kleinere gekrümmte Fragmente jener Körper auf, deren Ringe durch feine Querstriche ebenfalls gegliedert sind. Diese Querstreifen scheinen sich nicht bei allen Ringen auf ein gemeinsames Centrum zu beziehen. Die so regelmässigen Körper, welche sich auch in den technisch gesuchteren Thon- und Lehmarten einzeln vorfinden, in den gemeineren aber bisher nicht sichtbar waren, fehlen, wie es scheint, denjenigen Porcellanerden, welche sichtlich aus zerfallenen Feldspathkrystallen entstehen, indem ich bei diesen nur unregelmässig zerkleinerte Krystallsubstanz erkannte.

Diese regelmässigen Körper sind durch eine Beobachtung meines Freundes, des Hrn. Dr. Fritzsche in Petersburg für die anorganische Natur gewonnen und festgestellt worden. Er fand dergleichen in einem künstlich bereiteten neuen Salze aus der Auflösung von Magnesia alba (vergl. Poggend. Annalen, 1836, Bd. XXXVII S. 305, wo auch eine Abbildung ist). Es ist also wohl ein der Glaskopfkristallisation ähnlicher Krystallis-zustand.

Eine ähnliche Reihe von Erscheinungen haben die kalkigen Fossilien erkennen lassen. - Der kohlensaure Kalk aus absichtlichen chemischen Niederschlägen, unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt sich als ovale Körner von  $\frac{1}{3}\sigma$  bis  $\frac{1}{6}\sigma$  Linie Grösse, und das sind ziemlich deutlich kleine, stumpf doppelt zugespitzte Krystalle, die ich nicht dem Niederschlag von Kieselerde ganz gleich achten möchte. Die Kreide verhält sich ganz anders, eben so die Kalkmilch und Kalkguhr.

Sehr auffallend, an das Organische erinnernd, ist die Bildung der Mondmilch von Nanterre und Bar in Frankreich, der Bergmilch von Lischkau und des Kieselguhr von Wunsiedel und der Baumannshöhle. Der Kalkguhr von Wunsiedel, die Bergmilch von Lischkau und die Mondmilch von Bar bestehen aus steifen, einfachen, geraden, feinen Gliederstäbchen, deren Glieder (Elementartheile) ziemlich gleichförmig sind. Am längsten sind sie in der von Bar. Zusamnengesetzter ist ihre Bildung in dem Kalkguhr der Baumannshöhle und der Mondmilch von Nanterre. Hier lagern sich viele Gliederstäbchen bündelartig so an einander, dass die Glieder Spiralen bilden. Es ist schwer, sich ein so spiralförmiges Polarisations-Verhältnis zu denken, leichter wäre die Analogie des Organischen zu finden. Die Elementartheile, als runde Glieder, messen  $\frac{1}{3} \text{ mm}$  bis  $\frac{1}{4} \text{ mm}$  Linie.

Das Merkwürdigste von allen diesen Verhältnissen ist wohl die regelmässige Form der kleinsten Kreidetheilchen. Die weisse Kreide von Rügen, die von den dänischen Inseln und die gelbe Kreide von Puskaresz zeigen gleichartige elliptische, sehr kleine platte Körperchen, wie die Porcellanerde, welche aus nur wenigen concentrischen Ringen bestehen. Meist erkennt man nur einen Ring und einen unebenen Kern. Der Ring ist sehr deutlich gegliedert (ein krummer Gliederstab), und diese Elementartheile als Glieder, sowohl des Ringes als des Kernes, messen wieder  $\frac{1}{3} \text{ mm}$  bis  $\frac{1}{4} \text{ mm}$  einer Linie. Analysirt man die Kreide unter dem Mikroskope sehr genau, so erkennt man, dass nichts weiter da ist, als jene elliptischen Körper und ihre gegliederten Fragmente, eingehüllt in viele einzelne Glieder. Die elliptischen Körper messen  $\frac{1}{9} \text{ mm}$  bis  $\frac{1}{8} \text{ mm}$  Linie. Mit 300maliger Linear-Vergrösserung kann man sie erkennen, mit 500maliger sind sie vollkommen deutlich.

Diese Verhältnisse sind es, welche ich nur einfach zur Sprache bringen wollte. Ich besitze die analytischen

Zeichnungen von nahe an hundert der merkwürdigeren Fossilien, und habe auf synthetischem Wege schon manches erreichen können, was Licht in einige dieser Verhältnisse zu bringen scheint. Auch wird die Anwendung des Mikroskops, ohne Rücksicht auf das Genetische, zuweilen schon interessante Fingerzeige geben. So ist z. B. der so poröse, ganz unkristallinische Rüdersdorfer Kalk bis in seine kleinsten Theile einer Krystalldruse ähnlich.

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel I.

Form der mikroskopischen Elementartheile der Mineralien.

- Fig. 1. Form der Porcellanerde von Aue, Kaolin: *a* ganze Körper, *b* Fragmente.
- Fig. 2. Form der Kreide von den dänischen Inseln: *A* 300 Mal vergrößert, *B* 500 Mal vergrößert. *a* ganze Körper, *b* Fragmente.
- Fig. 3. Kalkguhr der Baumannshöhle: *A* 300 Mal, *B* 500 Mal vergrößert.
- Fig. 4. Mondmilch von Nanterre: *A* 300 Mal, *B* 500 Mal vergrößert.
- Fig. 5. Aechter Meerschaum aus Anatolien.
- Fig. 6. Unächter (gemischter, unreiner).
- Fig. 7. Bunzlauer Thon: *a* Kaolin, *b* meerschaumartige Kieselerde, *c*, *d* Quarz- und Feldspathfragmente?
- Fig. 8. Bennstädter Thon: Kaolin fehlt, *b* meerschaumartige Kieselerde, *c*, Feldspath- und Quarzfragmente?
- Fig. 9. Structur des Porcellans.

Giebt es auch hier während der Bildung eine ordnende lineare, circuläre und spirale Bewegung? Bilden erstere die Stäbchen, letztere die Flächen, Blätter u. s. w.?

---

VII. Schreiben des Hrn. Professor Rudberg  
 zu Upsala an Alexander v. Humboldt  
 über Veränderung der magnetischen Inclination und Declination, über Einfluss der Nordlichter auf diese Erscheinungen und über Temperatur des Bodens.

Upsala, 9. October. 1836.

— Da die Beobachtungen, welche ich zur Bestimmung der magnetischen Elemente im August dieses Jahres hier in Upsala, auf demselben eisenfreien Platze außerhalb der Stadt, wo ich 1834 beobachtete, angestellt habe, auf das Bestimmteste zu dem Resultate führen, dass das eine dieser Elemente, nämlich die Inclination, gegenwärtig unter der Polhöhe von Upsala oder Stockholm wirklich ihr Minimum erreicht hat, so nehme ich mir die Freiheit Ihnen die beobachteten Werthe vorzulegen. Damit aber das Resultat mit einmal deutlich hervortreten möge, werde ich hier alle Inclinationsbestimmungen, die ich theils in Stockholm, theils hier mit demselben Gambe'y'schen Inclinatorium seit 1832 gemacht habe, zugleich zusammenstellen. Bei diesen Beobachtungen sind die Nadeln immer zu Anfang von Neuem magnetisirt, und bei jeder Umkehrung der Pole ist eine gleiche Anzahl von Strichen, wie bei jener anfänglichen Magnetisirung, gegeben worden. Die Beobachtungen sind folgende:

		Inclin. = $71^{\circ} 38' 0''$ nach d. Nad. No. 2
1832 in Stockholm d.	1. Aug., zwisch.: 4 <sup>h</sup> 30' u. 8 <sup>h</sup> Nachm.	
2.	-	40,5
11.	11 <sup>h</sup> Vorm. u. 4 <sup>h</sup> Nachm.	=
12.	-	40,0
11.	11 <sup>h</sup> Vorm. u. 2 <sup>h</sup> 30' Nachm.	=
24. Dec,	1 <sup>h</sup> u. 4 <sup>h</sup> Nachm.	2
26.	10 <sup>h</sup> Vorm. u. 2 <sup>h</sup> 30' Nachm.	1
22. März,	0 <sup>h</sup> 30' u. 2 <sup>h</sup> 30' Nachm.	2
22.	3 <sup>h</sup> u. 5 <sup>h</sup> Nachm.	1
1834 in Upsala	19. Juni,	1
	2 <sup>h</sup> 15' u. 5 <sup>h</sup> 30' Nachm.	
	6 <sup>h</sup> u. 9 <sup>h</sup> Nachm.	
	19.	
	26.	40,8
	-	
	10 <sup>h</sup> 45' Vorm. u. 1 <sup>h</sup> 20' Nachm.	2
	26.	43,0
	-	
	2 <sup>h</sup> 15' u. 5 <sup>h</sup> Nachm.	2
in Stockholm	22. Dec,	1
	10 <sup>h</sup> 30' Vorm. u. 1 <sup>h</sup> Nachm.	2
	-	1
	2 <sup>h</sup> 30' u. 4 <sup>h</sup> Nachm.	2
	22.	41,8
	-	
	0 <sup>h</sup> 30' u. 2 <sup>h</sup> Nachm.	2
1836 in Upsala	9. Aug.,	1
	9 <sup>h</sup> Vorm. u. 8 <sup>h</sup> Nachm.	2
	8 <sup>h</sup> Vorm. u. 2 <sup>h</sup> Nachm.	2
	4 <sup>h</sup> u. 7 <sup>h</sup> Nachm.	1
	10.	42,4
	-	
	10.	41,1

Diese *siebzehn*, während der vier Jahre gemachten Bestimmungen weichen von einander nur um eine Quantität ab, die theils aus der täglichen Variation der Neigung (welche hier etwa 3' bis 4' beträgt), theils aus unvermeidlichen Beobachtungsfehlern leicht zu erklären ist. Das *Minimum* der Inclination scheint mir also wirklich vorhanden. Das Mittel wird für Upsala =  $71^{\circ} 41',5$  und für Stockholm =  $71^{\circ} 40',0$ .

Was die Beobachtung am 22. Decemb. 1834 Nachmittags mit der Nadel No. 2 betrifft, welche Beobachtung den geringsten Werth von allen, nämlich nur  $71^{\circ} 36'$  gab, so kann ich nicht umhin zu bemerken, dass am Abend dieses Tages ein sehr starkes Nordlicht gesehen wurde; deshalb wiederholte ich am folgenden Tage die Beobachtung mit derselben Nadel, wo dann auch der Werth der Neigung wirklich gröfser ausfiel.

Den Einfluss des Polarlichts aber auf die Inclinationsnadel habe ich letzthin wahrzunehmen Gelegenheit gehabt, da ich in der Nacht vom 22. und 23. verflossenen Septembers sowohl die Declinationsnadel als die Neigungsnadel von Viertel- zu Viertelstunde beobachtete. Hiebei geschah es oft, dass die Neigungsnadel vom absolutesten Stillstand augenblicklich in starke Oscillationen, von 5' und 6' Amplitude, gerieth. Die unregelmässige Aenderung betrug jedoch nicht mehr als gegen 10'. Die Neigung wurde hierbei *vermindert*. Es scheint mir nicht unwahrscheinlich, dass, wenn der höchste Punkt des Nordlichtbogens mehr westlich oder östlich fällt als die mittlere Lage des magnetischen Meridians, die Declinationsnadel auch westlich oder östlich abgelenkt werde, d. h. dass die Bewegungen der Nadel den Azimuthalveränderungen dieses Punktes des Bogens folgen, und eben so in ganz ähnlicher Weise, dass: wenn die Corona Borealis höher oder niedriger fällt als die mittlere magnetische Neigung, die Inclination auch gleichzeitig vermehrt oder vermindert werde. Es ist hierbei sehr möglich, dass die

Störungen in den allgemeinen magnetischen Verhältnissen der Erde, welche die von Ihnen genannten *magnetischen Gewitter*, und wahrscheinlich auch die Polarlichter verursachen, auf gewissen Stellen der Erde Ablenkungen in der Richtung der magnetischen Kraft nach einer bestimmten Seite überhaupt hervorbringen. So wird z. B. hier die Declination bei dem Nordlicht immer *vermindert*, wenigstens beweisen es ohne Ausnahme die zahlreichen Beobachtungen, die ich gesammelt habe. Ich werde die Nordlichter so oft wie möglich beobachten, um zu erfahren, ob ihre Einflüsse den so eben geäußerten Verhältnissen wirklich genügen oder nicht. Es wäre mir, da ich mit vorzüglichen Instrumenten ausgestattet bin, und da die Nordlichter, besonders seit einigen Jahren, hier sehr häufig vorkommen, sehr wünschenswerth zu wissen, ob es sonst noch einige Punkte hinsichtlich des Einflusses der Nordlichter auf die magnetischen Elemente gäbe, auf welche Sie meine Aufmerksamkeit besonders gerichtet zu sehen wünschen.

Wenn man zu den obigen Inclinationsbestimmungen noch die Beobachtung von Hansteen im Juni 1828, welche  $71^{\circ} 39' 6''$  für Stockholm ergab, hinzurechnet, so wird das Vorhandenseyn des Minimums unbestreitbar. Dafs dieses nicht der Fall sey in *Paris*, geht daraus hervor, dass ich daselbst durch eine grosse Anzahl Beobachtungen, Mitte Novembers 1831 und Anfangs Februar 1832, die Neigung =  $67^{\circ} 41'$  gefunden habe, und dafs auch Arago, wie aus dem *Annuaire* für 1836 erhellte, im November 1835 dieselbe =  $67^{\circ} 24'$  erhalten hat. Dieses zeigt eine starke jährliche Abnahme von über  $4'$ .

Die absolute Declination wurde am 12. August von mir untersucht, und gefunden (auf demselben eisenfreien Platze):

zwischen $10^{\text{h}} 45'$ und $0^{\text{h}} 48',5$	=	$14^{\circ} 37' 53''$
1 24,5 - 3 25	=	36 20"
- 5 25 - 6 54	=	26 38,7.

Vergleicht man diese Werthe mit denen, welche ich 1834 auf demselben Platze erhielt, und reducirt man, mittelst der gleichzeitigen Beobachtungen an der Variationsboussole, alle auf dieselbe Stunde des Tages, so werden die Resultate folgende:

1834 d. 22. Juni Vorm.	$10^h 15'$	absol.	Decl. in Upsala	$= 14^{\circ} 32' 22''$
1836 d. 12. Aug.	-	-	-	$= 26 \ 6$

oder auch:

1834 d. 22. Juni Nachm.	$7^h \ 0'$	-	-	$= 14^{\circ} 32' 22''$
1836 d. 12. Aug.	-	-	-	$= 27 \ 12$

Die Abweichung hat sich also während dieser zwei Jahre um etwa 6' vermindert. Um diese jährliche Veränderung genauer auszumitteln, werde ich später in dem magnetischen Hause, welches jetzt auf meine Kosten auf demselben mehrmals erwähnten Platze errichtet wird, die Abweichung immer des Morgens, etwa zwischen  $4^h$  und  $7^h$ , d. h. vor  $8^h$ , bestimmen, weil die Nadel während dieser Tageszeit überhaupt am ruhigsten zu seyn scheint. Ich werde mich hierbei an die Epochen der Nachtgleichen und der Solstitien halten, so wie auch an die Mitte Februars und Augusts, da die Temperaturextreme im Allgemeinen eintreten, weil ich gar nicht an die Gleichgültigkeit der Epochen glaube, und von der Richtigkeit Ihrer Ansicht überzeugt bin, dass die magnetischen Veränderungen im innigsten Zusammenhange mit den geothermischen Verhältnissen stehen.

Die Beobachtungen über die Temperatur der Erdrinne wurden in Stockholm bis zum Schlusse des Jahres 1834 fortgesetzt <sup>1)</sup>), wo leider ein Thermometer und kurz nachher die beiden andern, man weiß nicht wie, zerbrochen wurden. Die Resultate für die letztere Hälfte dieses Jahres, welche noch nicht publicirt sind, nehme ich mir die Freiheit hier mitzuteilen. Die Zahlen sind die mittlere Temperaturen der Monate:

1) Die früheren Beobachtungen des Hrn. Prof. Rudberg finden sich in diesen Annalen, Bd. XXXIII S. 251. P.

1834.	In der Tiefe von		
	1 Fuß.	2 Fuß.	3 Fuß.
Juli . . . . .	18°,260 C.	16°,653 C.	15°,104 C.
August . . . . .	18 ,450	17 ,686	16 ,650
September . . . . .	12 ,903	13 ,381	13 ,680
October . . . . .	7 ,370	7 ,932	8 ,551
November . . . . .	2 ,201	3 ,098	4 ,970
December . . . . .	0 ,364	1 ,305	2 ,310
Mittel des halben Jahres	9°,925 C.	10°,009 C.	10°,211 C.
Mittel des ersten halben Jahres 1834 . . . . .	4 ,060	3 ,970	3 ,790
Mittel des ganzen J. 1834	6°,992 C.	6°,989 C.	7°,000 C.

Das Mittel des ganzen Jahres ist also für die drei verschiedenen Tiefen *dasselbe* (nämlich = 7°,00 C.). Dieses Resultat scheint mir auch nothwendig stattfinden zu müssen, wenn wirklich ein thermisches Gleichgewicht im Innern der Erde vorhanden ist, und fortwährend durch die Sonnenwärme von Außen unterhalten wird, denn der Wärmeverlust in einem Theil des Jahres muss natürlicherweise durch den Wärmegewinn des andern Theils compensirt werden, und also muss entweder die mittlere Temperatur der Erdrinde bis an die Gränze des jährlichen Wechsels absolut dieselbe seyn oder nur nach der gewöhnlichen Zunahme mit der Tiefe sich ändern <sup>1)</sup>). Da diese aber nur 1° C. für etwa 100 Fuß beträgt, so würde die Zunahme für 3 Fuß doch nie mehr als 0°,03 betragen können, welche Quantität so klein ist, dass sie mit den Fehlern, theils in den Thermometern selbst, theils bei der Ablesung, vergleichbar ist. Durch die täglich, ein ganzes Jahr hindurch fortgesetzten Beobachtungen an einem, zu einer beliebigen Tiefe (die jedoch nicht zu groß genommen werden darf) versenkten Thermometer, wird folglich ein jährliches Mittel herauskommen, welches den Ort in geothermischer Hinsicht charakterisirt. Ein vollständiger Aufschluss über diese wichtige Frage, so wie über den allgemeinen Gang der Wärmevertheilung,

1) Vergl. Poisson Ann. Bd. XXXVIII S. 541.

lung von der Oberfläche der Erde nach dem Innern, wird hier, wie ich hoffe, zu Ende des kommenden Jahres erhalten werden, weil, auf meine Bitte und auf Kosten der hiesigen Societät der Wissenschaften, nicht weniger als 10 Thermometer bis zu verschiedenen Tiefen an einem passenden Orte versenkt werden. Die Tiefen sind 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15 und, wo möglich, 20 Fuß. Die Thermometer werden jetzt in diesem Herbst eingesetzt, damit man mit voller Sicherheit am 1. Januar die täglichen Beobachtungen anfangen könne. Ich muss hierbei noch erwähnen, dass die Königl. Academie der Wissenschaften zu Stockholm, auf Veranlassung eines Schreibens vom Prof. Bischof in Bonn, jetzt eine ganze Reihe von Beobachtungen über die Erdtemperatur an verschiedenen Stellen und zu verschiedenen Höhen über dem Meere, auf der ganze Strecke von Lund bis über Tornéå, veranstalten wird. Die Beobachtungen werden nur in einer Tiefe, nämlich in 4 Fuß Tiefe, gemacht. Diese Reihe wird einen Breitenunterschied von etwa  $13^{\circ}$  (von Lund bis zum Kirchspiel Koresuando in Lappland) und einen Höhenunterschied von über 2000 Fuß (die Stadt Röraas in Norwegen liegt 2026 Fuß über dem Meer) umfassen, und folglich ohne allen Zweifel sehr interessante Resultate liefern<sup>1</sup>).

- 1) Die gegenwärtige Epoche ist den Fortschritten der Meteorologie überraschend günstig. Auch in dem Russischen Reiche sind nach den Vorschlägen, die Alexander v. Humboldt und Professor Kupffer im Jahr 1829 der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften gemacht hatten, nun auf Veranstaltung des verdienstvollen Directors des Bergwesens, General von Scheffkin, meteorologische Stationen quer durch das ganze nordwestliche Asien über Moskau, Kasan, Tobolsk, bis zum Baikal-See und Nertschinsk zu Stande gekommen. Die meteorologischen Instrumente sind sorgfältigst mit einander verglichen worden, und für die gute Leitung der correspondirenden Beobachtungen über Luftdruck, Wärme, Feuchtigkeit und Windesrichtung bürgen Kupffer's Erfahrung und Scharfsinn.

P.

Gerade dieser Tage sind mir Beobachtungen über die mir bemerkenswerth scheinende Temperatur einer Quelle in der Stadt *Wisby*, auf Gotland, mitgetheilt. Die Beobachtungen sind vom 18. Januar bis 7. September dieses Jahres mittelst eines von mir geprüften Thermometers von Hrn. Säve, Candidate der Medicin, ange stellt, und haben fortwährend dieselbe Temperatur, näm lich  $= +5^{\circ},50$  C., gegeben. Diese Temperatur  $5^{\circ},50$ , welche während des ganzen Jahres permanent fort dauert, ist aber etwa  $2^{\circ}$  oder  $2^{\circ},5$  unter der mittleren Temperatur von *Wisby*. Wahrscheinlich existirt am Boden der Ost see ein von Norden herabfließender kalter Strom, welcher die untere Erdschicht der Gegend, von wo die Quelle herauspringt, abkühlt. Die Quelle liegt im Hause des Gymnasiums, etwa 500 Fuß vom Ufer und etwa 50 Fuß über der Meeresfläche.

### VIII. Sternschnuppen in Grönland.

Zu der wissenschaftlichen Ausbeute, welche wir der neuesten französischen Expedition nach dem Norden verdanken, gehören unter andern folgende meteorologische Notizen:

»In der Nacht vom 11. auf den 12. Nov. 1833 sahen Hr. Möller in Frederickshaab und Hr. Kauffeldt in Gothaab einen Feuerregen gegen Westen. Die Esquimeaux, erschreckt durch den Anblick dieses Phänomens, (wie i. J. 1799. — P.) kamen eilig diese Herren zu wecken.“

Seit 11 Jahren, dass Hr. Möller in Grönland wohnt, hat er es nur zwei Mal donnern gehört.

Die einzige Quelle, die in der Umgegend von Frederickshaab, eine halbe Meile nordöstlich davon, vorhanden ist, hatte  $+3^{\circ}$  C. Temperatur, während die Luft  $+5^{\circ}$  C. zeigte.

---

**IX. Declinationsbeobachtungen in Irkuzk und  
Einfluss eines Erdbebens auf dieselben;  
von Adolph Erman.**

---

Der Zusammenhang zwischen den *Temperaturen* der Erdoberfläche und zwischen den *magnetischen Wirkungen* derselben kann wohl nicht mehr geläugnet werden, seitdem wir die isodynamischen und die isothermischen Linien, überall wo sie genauer bekannt sind, fast identisch gefunden haben. Da nun von der andern Seite die *vulkanischen Kräfte* durch die Wärme von Erdschichten bedingt werden, welche von der Oberfläche nicht allzu entfernt sind, so wäre es nicht unerwartet, wenn auch die magnetischen Erscheinungen sich änderten an Orten, wo eben Eruptionen oder Erdbeben die Intensität jener Vulkanischen Kräfte vermindern. Die Nichtexistenz eines solchen Einflusses ergiebt sich nun, wenigstens für einen bestimmten Fall, aus den folgenden Beobachtungen, welche mir eben deshalb der Aufnahme in die Annalen der Physik nicht ganz unwerth erscheinen.

Im Jahre 1829 am 7. März 16<sup>h</sup> 28' wahre Zeit (16<sup>h</sup> 40' mittl. Zeit), ereignete sich in *Irkuzk* ein Erdbeben, welches sowohl auf dem Parallelkreise von 50°, als auf denen von 52° und 54° Breite wahrgenommen wurde, und sich wahrscheinlich, gegen Süden wenigstens, auch noch weiter, nach *China* hinein, erstreckt hat. Ich habe in einem Briefe, welcher sich in diesen Annalen befindet (Bd. XVI S. 154), einige der Wirkungen dieses Ereignisses auf das Gehör und auf die Lage fester Gegenstände angeführt, und will jetzt noch das Detail der Beobachtungen mittheilen, vermöge deren ich schon damals äußerte: das Erdbeben habe auf die Richtung und auf die Variationen der Richtung des magnetischen Meridianes von *Irkuzk* keinen merklichen Einfluss ausgeübt.

Das Azimut eines um eine senkrechte Axe drehbaren Magnetes erleidet im Verlaufe der Zeitveränderungen von drei verschiedenen Arten. Die Beobachtungen an einer Variationsboussole lehren uns discrete Werthe der *Summe* dieser Veränderungen kennen; es gelingt aber dieselben von einander zu trennen, wenn wir die verschiedene Art von Abhängigkeit benutzen, in welcher jede dieser drei Klassen von Variablen zu der *Zeit* zu stehen scheint.

— Durch Beobachtungen der Declinationsveränderungen, welche ich an den von einander entferntesten Punkten der Erdoberfläche angestellt habe, halte ich mich für überzeugt, dass ein *erster* Theil dieser Veränderungen dieselbe Periode wie der Stundenwinkel der Sonne am Beobachtungsorte besitzt. An jedem besonderen Orte findet man nämlich an auf einander folgenden Tagen und zu einerlei wahrer oder Sonnenzeit einerlei Werthe für die veränderliche Declination, bis auf Grössen, welche man der Gesammtwirkung der beiden andern Arten von Variationen zuschreiben kann. — Wenn man diese Beobachtungen stündlich und während einer längeren Zeit fortsetzt, und die zu einerlei Tage gehörigen zu einem arithmetischen Mittel verbindet, so zeigen diese Mittel meistens eine deutliche Abhängigkeit von der Ordnungszahl der Tage, zu denen sie gehören. Die Declination besitzt daher, außer der genannten ersten Veränderlichkeit, noch eine oder auch mehrere von weit längerer Periode. Wir wissen noch Nichts über die Dauer des Zeitraums, nach welchem die Veränderungen dieser zweiten Art zu einerlei Werth zurückkehren. Wenn wir aber nur für ein verhältnismässig *kurzes* Intervall den Verlauf derselben durch Beobachtungen bestimmen wollen, so können wir uns ihn annähernd unter der Form einer der *Zeit proportionalen* Aenderung denken. Die Declinationsveränderungen der dritten Art unterscheiden sich endlich von den beiden genannten durch ihre, in Bezug auf die Zeit am Beobach-

tungsorte, durchaus gesetzlose Wiederkehr. Sie sind es, die sich oft mit beobachteten und vielleicht in vielen andern Fällen mit nicht beobachteten Nordlichtern gleichzeitig ereignen; und welche meistens, wie Gauß zuerst entdeckt und bewiesen hat, an sehr weit von einander entfernten Punkten in demselben Augenblicke wirken.

Die etwaigen Einwirkungen eines plötzlichen Erdstoßes konnten nur unter dieser *dritten* Klasse von magnetischen Variationen erwartet werden, ich habe daher versucht an meinen Beobachtungen in Irkuzk diese eben genannten, von den zwei andern Arten der Variationen zu trennen. Zu diesem Ende habe ich mir eine jede beobachtete Declination unter der Form:

$$D + \alpha(t - \text{März } 0,00) + F(h) + U$$

gedacht; wo  $D$  die mittlere Declination für *März 0,00*,  $t$  das in Tagen und deren Decimaltheilen ausgedrückte Moment der Beobachtung, und  $\alpha$  die tägliche Veränderung der mittleren Declination, so wie  $h$  und  $F(h)$  respective die wahre Sonnenzeit der Beobachtung und die davon abhängige Variation der *ersten* Art, und  $U$  endlich die Variation der *dritten* Art, vermehrt durch den zufälligen Fehler der Beobachtung, bezeichnen. Ist nun an mehreren auf einander folgenden Tagen zu derselben oder nahe zu derselben Stunde beobachtet worden, so wird die Summe solcher Beobachtungen als *frei von  $U$*  betrachtet, oder das arithmetische Mittel von  $n$  derselben durch:

$$D + \alpha \left( \frac{[t]}{n} - \text{März } 0,00 \right) + F(h).$$

dargestellt werden können, wenn  $[ ]$  eine Summe analoger Größen bedeutet. Subtrahirt man nun diese Gröfse von jeder der zu derselben Stunde gehörigen einzelnen Beobachtungen, und wiederholt dieselbe Operation auch für die übrigen Tagesstunden, so fallen die erhaltenen Zahlen  $i'_1, i'_2, \dots, i'_n$  unter die Formen:

$$\begin{array}{l|l} i = \alpha \left( t - \frac{[t]}{n} \right) + U & i_1 = \alpha \left( t_1 - \frac{[t_1]}{n} \right) + U_1, \dots \\ i' = \alpha \left( t' - \frac{[t']}{n} \right) + U' & i'_1 = \alpha \left( t'_1 - \frac{[t'_1]}{n} \right) + U'_1, \dots \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

in denen nur  $\alpha$  und  $UU' \dots U_1U'_1 \dots$  unbekannt sind.

— Ich habe nun aus den Irkuzker Beobachtungen 100 solcher Gleichungen gebildet und den Werth von  $\alpha$  aus denselben so bestimmt, dass die Summe der Quadrate der Grössen  $U$  ein Minimum wurde. Diese Bestimmungsart involvirt freilich die Annahme, dass jene zufälligen Variationen ( $U$ ) ihrer Natur nach mit den zufälligen Beobachtungfehlern übereinkommen, und zwar namentlich: dass dieselben ein gewisses Maximum niemals überschreiten können, dass unter ihnen grössere Werthe seltener vorkommen als kleinere, und dass gleich grosse, eben so oft positiv als negativ gefunden werden. Es scheint aber diesen Voraussetzungen nichts entgegen zu seyn, in sofern nur die vorhandene Beobachtungszeit hinreichend lang ist. Selbst in dem entgegengesetzten Falle kann übrigens eine Unsicherheit über den Werth von  $\alpha$  nur den an sich willkürlichen Anfangspunkt verrücken, von welchem man die zufälligen Variationen an zählt, und die Distanz zwischen den östlichen und westlichen Extremen dieser Variationen würde auch dann noch ungeändert und nur von der richtigen Bestimmung von  $F(h)$  oder dem Einflusse der Tagesstunden abhängig bleiben. Man erhält aber nun diesen, oder die Grössen:

$$D + F(h)$$

für die einzelnen Tagesstunden, indem man von den oben erwähnten arithmetischen Mitteln der Beobachtungen noch die Correction:

$$\alpha \left( \frac{[t]}{n} - \text{März } 0,00 \right)$$

abzieht. Diese würde für alle Stunden constant, und da-

her  $F(h)$  durch  $\alpha$  gar nicht afficirt seyn, wenn die Beobachtungsreihe weiter gar keine Lücken enthielte.

Für Irkuzk habe ich nun auf diesem Wege gefunden:  
Mittlere Ostdeclination für die Zeit  $t$ :

$$= 1^\circ 55' 32'' + 20'',838 (t - \text{März } 0,00)$$

und man erhält die Declination, welche ich an den einzelnen Stunden der Tage von Februar 27 bis März 11 beobachtet habe, indem man zu den discreten Werthen des eben genannten Ausdrückes diejenigen Zahlen aus den folgenden zwei Tafeln entnimmt, welche den in Rede stehenden Stunden entsprechen. Die erste dieser Tafeln enthält nämlich unter der Ueberschrift:  $F(h)$  und mit dem Argument wahre Zeit den vom Stundenwinkel abhängigen Theil der beobachteten Variationen; die zweite Tafel aber die als außerordentliche Störungen zu betrachtenden Größen im Verein mit den zufälligen Beobachtungsfehlern, von denen sie nicht getrennt werden können.

Vahre Zeit. <i>h.</i>	Horar-Variationen. <i>F(h).</i>
0 <sup>h</sup> 12'	-1' 46"
1 9	-2 5
2 19	-4 13
3 28	-0 58
4 21	-2 44
5 21	-1 45
7 13	-1 45
9 10	-1 3
10 15	-0 50
11 19	-0 45
12 24	0 0
18 44	-0 21
19 10	+0 42
20 18	+2 44
21 22	+3 18
22 20	+1 44
23 23	-0 18

Werte von  $U$  oder Störungen der Horar-Variationen

Wahre Zeit.	Febr. 27.	Febr. 28.	März 1.	März 2.	März 3.	März 4.	März 5.	März 6.	März 7.	März 8.	März 9.	März 10.	März 11.
0 <sup>h</sup> 12'	+2' 3"	-4' 0"			+0' 41"	+0' 13"	+1' 16"						
1 9			+1' 38"		+0 59	+1 48	-1 48	+1 0					
2 19				+0 30	+0 42	+1 19	+1 58						
3 28					-0 45	-0' 34"							
4 21													
5 21													
7 13	+2 30	-2 51											
9 10	+1 46	+1 5	-0 58	-1 26									
10 15	+0 28	+1 51	-1 52										
11 19	+0 40	+2 50	-1 16	+0 1	-0 31	+2 5							
12 24	+0 42	+0 44	-2 19	-0 29	-1 9	+0 35	+2 22						

(Ergebn.)

$18^h 44'$	$-0' 46''$	$-0' 47''$	$-0' 19''$	$+1' 52''$
$19 \quad 10$	$-0 \quad 54$	$-2 \quad 12$	$-0 \quad 54$	$-0 \quad 26$
$20 \quad 18$	$+2 \quad 58$	$-3 \quad 3$	$-3 \quad 25$	$+0 \quad 47$
$21 \quad 22$	$+2 \quad 32$	$-2 \quad 50$	$-3 \quad 12$	$-0 \quad 39$
$22 \quad 20$	$+1' 11''$	$-1 \quad 34$	$-1 \quad 23$	$+0 \quad 50$
$23 \quad 23$	$+1 \quad 1$	$-4 \quad 11$	$-1 \quad 51$	$+1 \quad 22$

Ostdeklination für die Zeit  $t = 1^\circ 55' 32'' + 20^\circ 838(t - \text{März } 0,00) + F(h) + U.$

Man ersieht aus der zweiten Tafel, dass in Irkutzk zwischen Februar 27 und März 11 überhaupt keine Störung beobachtet worden ist, welche 5' erreicht hätte. Betrachtet man aber noch besonders die Werthe für die Stunden, welche dem Erdbeben zunächst lagen, so zeigt sich auch in diesen durchaus kein anomaler Einfluss: sie gehören vielmehr zu den kleineren, die überhaupt vorkommen, d. h. die Declination hat sich an dem Tage, an welchem das Erdbeben eintrat, auffallend wenig von ihrem normalen Gange entfernt. Hierbei ist es freilich einem günstigen Zufalle zu danken, dass nicht durch die Erschütterungen des Hauses, in welchem die Variationsboussole aufgestellt war, das Azimuth ihrer Null-Linie sich geändert hat! — denn hätte dieses stattgefunden, so würde sie sich in der vorstehenden Tafel für *U* auf dieselbe Weise, wie eine andere Declinationsveränderung aussprechen. Ich bemerke übrigens noch, dass während der Erschütterungen die Mauer, auf der das Instrument stand, auch im Azimuth oscillirende Drehungen erlitten haben muss: denn unmittelbar nach dem rätselhaften Ereignisse fand ich die Nadel in Azimuthalschwingungen, welche gegen 30' zu jeder Seite ihrer unveränderten Ruhelage betragen.

**X. Bemerkungen über Grundeis; von Joh. Christ. Aycke, Stadtrath in Danzig.**

Bei der Bedeckung der Ströme mit Eis ist es den Naturforschern immer noch eine Streitfrage geblieben: ob dasselbe sich zuerst auf dem Grunde des Stromes oder auf dessen Oberfläche erzeuge, und es fehlt nicht an Behauptungen der einen und der andern Entstehungsart. In neuerer Zeit haben sehr glaubwürdige Zeugen das Aufsteigen des Eises vom Grunde der Flüsse wahrgenommen, und durch so entschiedene Erfahrungen bekräftigt,

dass man an der Wahrheit der Sache selbst kaum mehr zweifeln kann. Indessen scheint mir die Thatsache noch nicht umständlich genug erörtert zu seyn, daher man auch diese Erscheinung noch nicht genügend hat erklären können. Es ist also wünschenswerth: die Erfahrungen in der Natur selbst häufiger zu sammeln, und vorzüglich die dabei obwaltenden Nebenumstände nicht aus der Acht zu lassen, welche die Sache selbst völlig begründen und zur Erklärung der Erscheinung führen könnten.

Meine Erkundigungen und Beobachtungen beziehen sich auf die Ströme der *Weichsel* und *Radaune*, welche jährlich mit Eis bedeckt werden, und gewöhnlich die Erscheinung des sogenannten *Grundeises* darbieten, das bei beiden, ihrer nicht zu schnellen Strömung wegen, sich häufig zur Eisdecke zusammenzuschieben pflegt. Ich glaube aber, dass die Eisbildung auf dem Grunde leichter und genauer in solchen Strömen zu beobachten seyn müfse, die, ihres starken Laufes wegen, nicht so leicht gefrieren, als in solchen, deren Oberfläche nur dahin schleicht und sehr bald erstarrt.

Sowohl die Weichsel als Radaune haben ein sandiges Bett mit Schlamm untermischt, in welchem bei letzterem Strome nur selten Feldsteine vorkommen dürften.

Durch Sondiren mit Stangen habe ich noch nie auf dem tieferen Boden dieser Ströme angehäuftes Eis bemerken oder von demselben herausbringen können, obschon ich stundenlang vor dem Esgange auf der Weichsel zubrachte, die zuweilen am Abende auf der Oberfläche keine Spur von Eis, außer etwa an den Ufern, bemerkten ließ, obschon sie am künftigen Morgen so mit schwimmendem Grundeise bedeckt war, dass man mich nicht darauf herumführen wollte.

Es ist überhaupt merkwürdig, dass oft bei  $-2^{\circ}$  bis  $-3^{\circ}$  R. Lufttemperatur, mehrere Tage lang, keine Spur von Grundeis sich vorfindet, welches gewöhnlich gegen den Morgen, vorzüglich wenn die Kälte nachlässt in ei-

nigen Stunden zum Vorschein kommt, und oft in kurzer Zeit sich so vermehrt, daß die ganze Oberfläche des Stromes damit bedeckt wird und sich gewöhnlich nur langsam fortschiebt, da die Strömung bei niedrigem Wasser und dem hier geringen Gefälle der Weichsel nur langsam ist. In verticaler Richtung aufsteigende Grundeisschollen wollen hier mehrere, aber eben nicht sehr glaubwürdige Zeugen gesehen haben. Es kommt gewöhnlich meilenweit in blättrigen, schaumartigen Schollen, die meistentheils abgerundet und löchericht sind, ange schwommen, ohne daß man seinen Entstehungsort entdecken oder nachspüren könnte. Doch ist sehr auffallend zu bemerken, daß nicht alles wirkliches Grundeis, sondern auch viel losgerissenem Ufereis darunter gemischt ist, welches sich durch seine Solidität von dem jederzeit blättrigen, schaumartigen und schmutzigen Grundeise unterscheidet.

Wenn die Schollen dieses Grundeises sich an seichten Stellen oder Buchten des Flusses stopfen oder durch widrige Winde in ihrem Laufe gehemmt werden, so schieben sie sich zur festen und dicken Eisdecke zusammen, die bei anhaltender Kälte fest zusammenfriert, und bei schwachem Strome aus lauter grölseren oder kleineren runden, ovalen und unsymmetrischen Tafeln zusammengesetzt ist, die sich oft durch vier und mehr Zoll hohe Ränder sehr bemerklich machen. Bei schnellerer Strömung aber besteht diese Eisdecke aus den unter und über der Wasserfläche zusammengeschobenen einzelnen Schollen eines lockeren, fast schaumartigen Blättereises, das sich auf der Oberfläche oft drei, vier und mehr Fuß hoch aufstürmt, und eben so höckericht und zackicht in das Wasser hinabsenkt, und nicht selten bis auf den Grund erstreckt, wodurch Stopfungen entstehen können, die beim Aufgehen des Flusses im Frühjahr durch den oft stattfindenden Andrang des Wassers von oben her

sehr gefährlich werden, und Deichbrüche und Ueberschwemmungen veranlassen können. Eine solche zusammengeschobene Eisdecke wird bei starker Kälte oft in einigen Stunden so fest, dass man darüber gehen kann, aber nur mit Mühe und großer Beschwerde errichtet man darauf eine fahrbare Straße. Indessen entsteht die Eisdecke der Weichsel nicht immer durch sogenanntes Grundeis. Wenn plötzlich strenge Kälte nach mehreren gelindern Frosttagen eintritt, erstarrt die Oberfläche oft zur Spiegeldecke von durchsichtigem, ganz compactem Eise, ohne vorhergegangenem Grundeise; zuweilen, wenn kein Hinderniss eine Stopfung veranlaßt und starker Strom geht, gleitet das Grundeis mehrere Tage lang ruhig in das Meer fort, und der Fluss wird auf der Oberfläche wieder ganz frei davon, die sodann bei anhaltender und zunehmender Kälte spiegelblank zufriert. Diese junge Eisdecke ist ganz eben, sehr zähe und biegsam; ich sah mehrmals, bei 2 bis 3 Zoll Dicke, Leute darüber weggehen, obschon die Dicke sich wellenförmig bog, so dass ich jeden Augenblick einen Einbruch befürchten musste.

Dieses festere Eis unterscheidet sich sehr merklich von dem Grundeise. Es ist auf seiner oberen und unteren Fläche ganz eben, spiegelglatt und blank, zuweilen sehr wenig wellenförmig und uneben, wird oft mit der Zeit  $1\frac{1}{2}$  Fuß und mehr stark, und ist nicht selten ganz durchsichtig, so dass man das Wasser darunter fließen sehen kann. An der unteren Fläche desselben bemerkte man keine Anhäufung von schaumartigem Eise, das von Grundeis herrühren könnte, sondern alles ist gewöhnlich eben, compact und fest.

Ob nun die Grundeisblättchen sich mit der unteren Eisfläche zu einer homogenen Masse vereinigen können, oder ob nicht vielmehr die oft sehr stark erkältete Eiskruste dem darunter fließenden Wasser so viel Wärme entziehen oder zurückdrängen dürfte, dass es unter  $0^{\circ}$

erkälten und den unteren Anwuchs derselben befördern könnte, wage ich noch nicht zu entscheiden, da mir directe Erfahrungen hierüber abgehen.

Oft sah ich, von der Mündung des Flusses aufwärts, 1, 2 und mehr Meilen denselben mit einer Grundeisdecke belegt, sodann aber eine ganz eben und blank erstarrte Oberfläche von klarem, compactem Eise, die sich, so weit ich erfahren konnte, hinauf erstreckte, ohne von einer Grundeisfläche unterbrochen zu werden; zuweilen wechselten die beiderlei Eisdecken in meilenweiten Distanzen, vorzüglich bei der Abarmung des Stromes in die Elbinger Weichsel und Nogat, wohin der vielleicht stärkere Strom das Grundeis führte, als unterhalb der Fluss schon mit klarem Eise bedeckt war.

Die von Hrn. Prof. Strehlke, Poggendorff's Annalen, 1833, Heft 5 S. 226, aufgeworfenen Fragen, will ich zu beantworten versuchen, in sofern eigene Beobachtungen und glaubwürdige Aussagen Anderer ausreichen dürften.

Wenn der Fluss mit einer Eisdecke belegt wird, sey es nun durch Zusammenschieben des Grundeises oder durch ruhiges Gefrieren der Oberfläche, so entstehen oft Lücken, zuweilen von beträchtlicher Grösse, *Blänken*, die das Eis nicht bedeckt hat, und die sehr selten und nur bei starker Kälte zufrieren. Diese sind meistentheils unzugänglich, indem das sie umgebende Eis am Rande dünn und unsicher ist.

Oester noch machen Fährleute und Fischer bedeutende Oeffnungen, erstere quer über den Fluss, um die Passage nicht zu hemmen. Diese behaupten in den ersten 24 Stunden zuweilen noch Grund- oder Schaumeis vorüberziehen gesehen zu haben, sie müssen daher bei Tage und Nacht ihre Fahrt öfters reinigen und vom Eise befreien. Tritt aber starke Kälte ein, so bedeckt sich die Fahrt auch in einer Nacht mit ganz klarem und ebenem Eise, das sie wieder durchbrechen müssen. Doch

diesen Leuten ist wenig Zutrauen zu schenken, da ich mich oft selbst überzeugte, dass sie theils die Fahrt nicht ganz von Eisfragmenten befreiten, theils die abgehauenen Stücke nicht herauszogen, sondern versenkten und unter die Eisdecke hinschoben, von wo der Strom sie leicht wieder zum Vorschein bringen konnte.

Die Fischer machen ihre Oeffnungen erst später, wenn die Decke stark genug geworden, um mehrere Leute zu tragen; sie reinigen dieselben sorgfältiger, und bei sterner Kälte frieren sie dessenungeachtet oft in einigen Stunden zu, und zwar mit ganz klarem, solidem Eise, so dass man das Wasser dadurch fliesen sehen kann. Mehrmals habe ich mit Stangen auf dem Grunde führen lassen, ohne in den Oeffnungen stromabwärts Grundeis vorüberziehen zu sehen.

Ost habe ich bei absichtlich im Stromeise gemachten Oeffnungen die Entstehung der neuen Eisdecke beobachtet, und größtentheils gefunden, dass die Wasserfläche zuerst in ganz feinen Blättchen und federförmigen Spiefschen krystallisierte, die gewöhnlich von der alten Eiskruste ausgingen, und da sie unter meinen Augen entstanden, sich schnell vergrösserten und mehrentheils an allen Seiten der Oeffnung sich angesetzt hatten, weder auf dem Grunde gebildet, noch vom Strome heraufgewirbelt seyn konnten. In kürzerer oder längerer Zeit, nach Maafsgabe der atmosphärischen Kälte, vergrösserten sie sich, stießen zusammen, die Zwischenräume füllten sich aus, und alles vereinigte sich zu einer ganz ebenen und soliden Eisfläche. Anfänglich hatte es bei nahe das Ansehen des gewöhnlichen Fenstereises, das sich aber sehr bald verstärkte, das federartige Ansehen verlor und sich zur soliden, meistens ganz klaren Eisdecke umwandelt. Beim Aufbrechen dieser neu entstandenen Eisdecke bemerkte man, dass sie keinesweges, wie das Grundeis, eine schaumartige, sondern vielmehr eine sehr solide Substanz ausmacht, die auf der unteren Flä-

che so glatt und eben als auf der Oberfläche ist, mit hin zwar aus homogen zusammengefrorenen Eisblättchen und Spiefschen, nicht aber aus Grundeis entstanden seyn konnte.

Uebrigens ist diese Eisbildung auch ganz gleichmässig auf sehr langsam fliessendem und stehendem Wasser, wie z. B. auf der Mottlau, auf Teichen und Stadtgräben, und auf den Pfützen der Landstrassen. Da überdiess die Anwohner der Ströme versichern, auf den oben angeführten Blänken, die oft 20 und mehr Ruten im Umfange haben, und bei strenger Kälte in Wochen nicht mit Eis bedeckt werden, auf dem strömenden Wasser nie Grundeis heraufkommen oder fliessen gesehen zu haben, so glaube ich annehmen zu dürfen, dass, wenn der Fluss mit Eis belegt ist, weder unter dieser Decke, noch da, wo Oeffnungen darin eine unmittelbare Berührung der Luft mit dem Wasser verstatten, Grundeis gebildet werden könne.

Die Fischer u. s. w. behaupten: dass sich dann vorzüglich nur Grundeis zeige, wenn der Strom zuvor geraucht habe. Dieses Dampfen der Flüsse tritt bekanntlich nur dann ein, wenn auf gelinde Witterung plötzlich beträchtliche Kälte erfolgt, und beruht lediglich auf dem Unterschiede der Temperatur der Luft und der des noch nicht mit Eis belegten Wassers, dessen Dünste in der wenigstens  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  R. kälteren Luft abgekühlt und sichtbar werden.

Da nun durch diese Verdunstung die Oberfläche des Wassers sehr abgekühlt werden und endlich gefrieren muss, so könnte auch die Bildung des Grundeises wohl dadurch befördert werden, vorzüglich wenn die Luft, wie gewöhnlich bei plötzlich eintretender Kälte, wenig Wassergehalt besitzt.

Diese grösstentheils bekannten Bemerkungen stellen die Erscheinung des Gefrierens der Ströme nur im Allgemeinen dar, und möchten wohl zur Erklärung dieses

Phänomens nicht beitragen, daher ich mich bemühte, in dem Winter von 183 $\frac{1}{2}$  speciellere Untersuchungen und Beobachtungen hierüber anzustellen. Ich habe in diesen sehr unbeständigen Wintermonaten die Grundeisbildung sieben Mal auf der Radaune und drei Mal auf der Weichsel beobachten können, und zwei Mal den letzteren Fluss mit einer glatten und soliden Eisdecke auf der Oberfläche überziehen gesehen. Ich werde die Erfahrungen nächstens mittheilen, wenn nochmalige Wiederholungen sie dazu eignen sollten, zur Kenntnis der Naturforscher gelangen zu dürfen; allein der gelinde Winter von 183 $\frac{1}{2}$  bot dazu nur wenige Gelegenheit dar, die ich aber in dem darauf folgenden gehörig zu benutzen eifrigst bestrebt seyn werde.

*XI. Ueber Becquerel's einfachen galvanischen Apparat, der zu Zersetzungen dienlich seyn soll; von Dr. Friedr. Mohr in Coblenz.*

In dem zweiten Stücke des XXXVII. Bandes dieser Annalen, S. 429, sind zwei Apparate von Becquerel und Aimé beschrieben, deren Zweck ist, die voltaische Säule zu ersetzen.

Bei genauer Durchlesung der Beschreibung bleibt dem Lesenden keine Wahl übrig, als den dort beobachteten elektrischen Strom von der Verbindung einer flüssigen Säure mit einem flüssigen Alkali abzuleiten, der er auch geradezu zugeschrieben wird. Es ist aber von dieser Behauptung nichts weniger als der Beweis geliefert. Wir sind berechtigt anzunehmen, dass, nach den von Faraday mit Umsicht angestellten und im XXXV. Bande dieser Annalen, S. 30, beschriebenen Versuchen, alle rationelle Physiker der Meinung sind, dass bei der Verbindung einer Säure mit einem Alkali *kein* elektri-

scher Strom entstehe. Um so auffallender muß es erscheinen, wenn ein im Felde des Galvanismus namhafter Gelehrter geradezu das Gegentheil behauptet, ohne jedoch weder den Ungrund der Faraday'schen, noch den Grund seiner eigenen Ansicht darzulegen. Dieses Verfahren verdient auf jeden Fall den Tadel aller Wissenschaftsgenossen, denn es veranlaßt mindestens eine Unsicherheit, ein Schwanken in der Meinung, welches einer wirklichen Fortbildung der Wissenschaft hinderlich entgegentritt. Entweder nehme man eine durch Versuche bewiesene Ansicht als wahr an, oder man widerlege sie offen, damit kein Zustand des Zweifels und der Ungewisheit eintreten, und man die Lage der Sache beurtheilen könne.

Der in Rede stehende Becquerel'sche Apparat besteht aus Salpetersäure und Kalilösung, welche durch Glas getrennt sind, und sich nur an einer Stelle durch eine feuchte Thonschicht verbinden können. Im Wesentlichen weicht derselbe von dem von Faraday angewandten und am obigen Orte citirten gar nicht ab; der ganze Unterschied besteht darin, daß Faraday Schwefelsäure statt der Salpetersäure, und Fließpapier statt der Thonschicht anwandte, welche Abänderungen jedoch auf das Princip keinen Einfluß haben können. Es hätte deshalb auch Becquerel bei der Aehnlichkeit des Faraday'schen Versuches, welcher die Abwesenheit jedes Stromes bei der Verbindung von Säuren und Alkalien nachwies, vorsichtiger werden sollen; denn alle, welche jenen Versuch wiederholen, wozu ich auch gehöre, fanden das Resultat Faraday's vollkommen bestätigt, so daß von vorn herein der von Becquerel ausgesprochene (Ann. Bd. XXXVII S. 430 unten) Satz, daß »der elektrische Strom von der Wirkung der Säure auf das Alkali herrühre,« als falsch verworfen werden muß, weil sonst Schwefelsäure und Kali keine Ausnahme hätten machen können.

Was war aber nun der Hergang in dem vorliegenden Versuche, da ohne Zweifel etwas dabei beobachtet, wenn auch falsch beurtheilt worden ist. Da der Hauptunterschied in der Salpeter- und Schwefelsäure lag, so entschloß ich mich, den Versuch zu wiederholen. Eine 5 Linien weite, oben und unten offene Glasröhre wurde unten durch einen mit Kalilösung besfeuchteten Thonpfropf verschlossen, die Röhre mit derselben Lösung halb gefüllt, und in einen mit starker, noch etwas gelblicher Salpetersäure gefüllten Glascylinder so eingesetzt, daß die Niveaus der beiden Flüssigkeiten gleich hoch standen. Zwei Platinplatten dienten als Collectoren, und ihre Drähte wurden mit einem Nervander'schen Dosenmultiplicator<sup>1)</sup> in Verbindung gesetzt. Bei Schließung der Kette trat eine Ablenkung der Nadel von 2° ein, und die Richtung derselben zeigte im Alkali positive, und in der Säure negative Elektricität; den Worten nach ist dies mit Becquerel's Beobachtung (a. a. O. S. 431 oben) gerade im Widerspruch, in der That aber nicht; denn aus dem Verfolge erhellt, daß sich im Alkali Sauerstoff abgeschieden haben soll, weshalb das Alkali positiv elektrisch gewesen seyn mußte, so daß der obige Widerspruch nur einer Unrichtigkeit im Ausdrucke beizumessen ist.

- 1) Beiläufig will ich noch auf die außerordentliche Empfindlichkeit und Bequemlichkeit dieses Multiplicators aufmerksam machen, von welchem eine genaue Beschreibung in unserem besten Journals sehr gerne gesehen würde. Ich habe eine starke Nadel von 3 Zoll Länge und 1½ Linien im Gevierte darin angebracht, so daß dieselbe eine sehr starke erdmagnetische Richtungskraft besitzt, und diese ist mit einem Hemmschwimmer in Wasser von mehr als 1½ Quadratzoll Oberfläche verbunden. Nach einer Schwingung stellt sich die Nadel ganz fest auf denjenigen Grad, auf dem sie bei unverändertem Strome bleibt, und bei verändertem Strome verräth sie durch die ruhigste Bewegung diese Änderung. Ungeachtet dieser Richtungskraft bringen kleine Platten Ablenkungen von 80 bis 89 Grad hervor. (Des Nervander'schen Multiplicators ist bisher aus dem Grunde noch nicht in den Annalen gedacht, weil er späterhin vom Erfinder verbessert worden, und die Beschreibung desselben in dieser verbesserten Form noch zu erwarten steht. *P.*)

Es zeigte sich jedoch an der Platinplatte im Alkali keine Gasentwicklung, eben so wenig wie an jener in der Säure; dagegen stiegen Blasen aus der Thonschicht auf und entwichen zum Theil durch die Säure, zum Theil durch das Alkali. Sie setzten sich nach und nach an die Platinplatten an, und gaben ihnen das Ansehen von Polarplatten. Wurde die Kette geöffnet, so hörte die Gasentwicklung nicht auf, wurde sie durch eine mit verdünnter Schwefelsäure und Platinenden versehenen Zersetzungszelle geschlossen, so trat keine Wasserzersetzung ein; was hätte auch ein solcher Strom zersetzen können, der die Nadel kaum um  $2^{\circ}$  ablenkte, während ein Zinkkupferpaar von der Grösse eines Pfennigs in destillirtem Wasser die Nadel mehrere Tage lang auf  $20^{\circ}$  abgelenkt hält, und man am Ende doch kaum eine Gewichtsabnahme des Zinks bemerkten kann. Wurde statt einer Platinplatte eine Zinkplatte eingetaucht, so wich die Nadel kräftig im bekannten Sinne aus, so dass die Leitung und Dräteverbindung bei dem Versuche gut waren.

Ich füllte nun zwei Bechergläschen, eines mit concentrirter Salpetersäure, das andere mit reiner Kalilösung und tauchte in jedes derselben eine mit dem Multiplicator verbundene Platinplatte, alsdann wurde die Kette geschlossen durch einen mit destillirtem Wasser befeuchteten Baumwollendochte, welcher beide Gläser verband. Es fand lange Zeit keine Bewegung der Nadel statt. Ich schob nun ein Brettchen unter das Glas, welches die Säure enthielt, so dass dieselbe aus ihrem höheren Standpunkte durch den heberartig wirkenden Docht in das Kali fliessen musste; nun trat sehr bald eine Ablenkung der Nadel von  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  ein, und der Strom hatte dieselbe Richtung wie oben; in dem Baumwollendrahte im Alkali fand Gasentwicklung statt, an den Collectoren aber keine. Aus dem bisher Mitgetheilten geht schon hervor, dass dieser Apparat zu Zersetzung ganz untauglich ist, und dass in demselben kein Körper zersetzt wird, als durch des-

sen Zersetzung gerade der Strom hervorgebracht wird, nämlich die Salpetersäure.

Es war durch diese Versuche gefunden worden, dass bei der (ich sage nicht durch die) Verbindung von concentrirter Salpetersäure mit Kali ein schwacher Strom entsteht; um diess außer allem Zweifel zu setzen, wurde noch folgender Versuch angestellt. In beide mit der Salpetersäure und Kali gefüllte Gläschen (Fig. 1 Taf. II<sup>1</sup>), welche durch die Platinplatten mit dem Galvanometer verbunden waren, wurden die zwei Schenkel eines gläsernen Hebers gesetzt, welcher oben im Winkel eine dünn ausgezogene, offene Spitze zum Ansaugen hatte. Wurde nun hier die Luft angezogen, so stiegen die beiden Flüssigkeiten gleichmäsig auf und vermischten sich oben im Schenkel, und in demselben Augenblicke schlug die Nadel um 15° in dem oben beschriebenen Sinne aus, so dass der Strom aus der Säure durch das Galvanometer in das Alkali ging. Es trat in der Röhre eine so starke Gasentwicklung ein, dass wenn die feine Spitze mit der Zunge geschlossen blieb, die beiden Flüssigkeiten sich bald trennten und in die Schenkel zurück sanken; nur um die Erscheinung zu wiederholen, wurde das Gas wieder angesogen, und es trat von Neuem Ablenkung der Nadel ein. Hierbei bemerkte ich im Munde den süßlichen Geschmack des Salpetergases, und wurde besonders dadurch auf die Zersetzung der Salpetersäure aufmerksam, weil auch zugleich die Ablenkung der Nadel um so stärker war, je mehr Gas entwickelt wurde.

Mit demselben Apparate wiederholte ich nun den Versuch, nahm aber statt des Kalis destillirtes Wasser, und es trat mit der Zersetzung der salpetrigen Säure und der Gasentwicklung ganz dieselbe Ablenkung der Magnetnadel ein; endlich nahm ich zu demselben Versuche eine von salpetriger Säure ganz freie Salpetersäure und reines Wasser, und bei der Vermischung derselben in dem Heber fand nicht die geringste Bewegung der Mag-

<sup>1</sup> Sie wird dem Hest 10 beigegeben werden.

netnadel statt, so dass aus allen zusammen zur Genüge das Resultat hervorgeht, dass die Verbindung von Salpetersäure mit Kali keinen elektrischen Strom hervorruft, sondern dass die Zersetzung eines Elektrolyten (hier der salpetrigen Säure) dazu erforderlich ist. Indem die salpetrige Säure in Salpetersäure und Stickoxydgas zerfällt, wird erstere vom Kali oder Wasser aufgenommen und das Stickoxydgas ausgeschieden; ist aber eine geschlossene Kette vorhanden, so erhält das Stickoxydgas ein Bestreben, sich zur Säure zu begeben, und erregt in diesem Sinne einen Strom. Da die Salpetersäure gegen das Stickoxydgas elektronegativ ist, so ist auch die Richtung des Stromes damit vollkommen übereinstimmend, nämlich das Alkali war positiv, musste also die Elektrode für Sauerstoff, Chlor und Säuren seyn.

In dem Becquerel'schen Apparate mit der Thon-schicht wurde nun concentrirte Salzsäure statt der Salpetersäure angewandt. Bei der Vereinigung der Salzsäure mit dem Kali fand nicht die geringste Spur eines Stromes statt, und es wird durch diesen Versuch der §. 929 der Faraday'schen Untersuchungen ergänzt, worin die Möglichkeit eines Stromes bei Verbindung einer Wasserstoffsäure mit einem Oxyd zugegeben wird. In der That kann auch hier eben so wenig ein Strom stattfinden, wie bei einer Wasserstoffsäure, denn der Strom wird ja bedingt durch das Wandern chemisch differenter Stoffe in entgegengesetzter Richtung; nun aber wandern, wenn sich Salzsäure und Kali zersetzen, Chlor und Sauerstoff in entgegengesetzter Richtung, eben so wie Wasserstoff und Kalium, so dass je zwei dieser Stoffe den durch die andern entstandenen Strom vollkommen aufheben. Es wandern also hier chemisch ähnliche Stoffe in entgegengesetzter Richtung, und es würde ein Strom entstehen, wenn Affinitäten vorhanden wären, um das Chlor und den Sauerstoff nach einer Seite, das Kalium und den Wasserstoff nach der andern zu ziehen.

In dem erwähnten Versuche mit der Salzsäure wurde eine Platinplatte durch Zink ersetzt, um das Vorhandenseyn guter Leitung nachzuweisen; es fand eine starke Bewegung der Nadel statt, das Zink mochte im Alkali oder in der Säure stehen; jedoch bemerkte ich ebenfalls (Faraday, §. 939), dass der Strom am stärksten war, wenn das Zink im Alkali und das Platin in der Säure war. Es zeigte sich reichliche Gasentwicklung am Platin. Die relative Ablenkung der Nadel für dieselben Flüssigkeiten und Collectoren waren wie folgt:

Zink und Platin in der Salzsäure.	Ablenkung	85°
Zink im Alkali, Platin in der Säure		80
Zink und Platin im Alkali		9
Zink in der Salzsäure, Platin im Alkali		7

Becquerel will an 10 Kubikdecimeter Sauerstoffgas am Platin im Alkali gesammelt haben. Es würde ungeziemend seyn, an der Richtigkeit einer so leichten Beobachtung zu zweifeln, wenn nicht gar so viele Gründe dagegen wären; allein ich kann die Vermuthung nicht unterdrücken, dass Salpetergas mit Sauerstoff verwechselt worden ist, indem ersteres ebenfalls die Entzündung eines glimmenden Spanes, wie das Sauerstoffgas, zeigt. Lässt man starke Salpetersäure durch einen ovalen gekrümmten Trichter (Fig. 2 Taf. II) in eine mit Kali gefüllte Glasröhre fließen, so entwickelt sich das Salpetergas so reichlich, dass man in wenig Secunden die ganze Röhre damit füllen kann. Die Wirkung ist also rein chemisch und local, und da die beiden Zersetzungsprouducte der salpetrigen Säure so verwandter Art sind, und sogar aus denselben Elementen bestehen, so hat auch der Strom eine so geringe Stärke.

Der vollste Beweis für alles bis jetzt Entwickelte liegt in der angeblichen Entdeckung eines elektrischen Stromes, welcher Körper zersetzen, aber nicht erhitzten soll. Fast jedes Wort in diesem Aufsatz ist ein Irrthum. Wer wird jetzt noch behaupten, dass die chemischen

**Wirkungen der Säule von der Anzahl der Platten abhängt, da eine 4paarige Säule schon Wasser zersetzt.**

Ferner sollen die chemischen Wirkungen der Säule bedeutende Spannung erfordern, während ein einfaches Zinkplattenpaar, mit Salpetersäure geschlossen, Jodkalium zersetzt. Dem unbefangenen Leser wird es aber schon längst deutlich geworden seyn, warum der dünne Platin-draht im Becquerel'schen Apparate nicht warm werden oder glühen wollte; er leitete ja gar keinen elektrischen Strom, oder einen so schwachen, dass er vollkommen von dem Drahte ohne Erhitzung geleitet werden konnte, einen Strom, der nur  $2^{\circ}$  Ablenkung hervorbrachte, während ein Zinkdraht in destillirtem Wasser, der ebenfalls keinen Wollaston'schen Draht erhitzt, die Nadel um  $20^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  ablenkt. Aus dem Kaltbleiben des Drahtes hätte man füglich an der Existenz eines Stromes zweifelhaft werden können, der eine so reichliche Gasentwicklung bedingte; da aber die Gasentwicklung, die ich oben gezeigt habe, nicht die Folge, sondern nur theilweise die Ursache eines Stromes war, so ist der Fehlschluss, dass der reichliche Strom Körper zersetze, aber nicht erhitze, begreiflich; da dieser Strom auch den Multiplikator so schwach bewegte, so hätte man mit demselben Rechte den Strom einen solchen nennen können, welcher Körper zersetze, aber die Magnetnadel nicht ablenkte.

Es ist demnach durch die erwähnten Entdeckungen der Summe unseres Wissens weder eine Bestätigung noch eine Erweiterung erwachsen, und man weiss nicht, was den grössten Tadel verdient, die Ungründlichkeit im Experimentiren selbst, oder die Eilfertigkeit, mit welcher diese unreifen Früchte wissenschaftlicher Thätigkeit zu Markte getragen werden. Erstere liefse sich durch nachherige Forschungen rectificiren; letztere veranlaßt anderen Freunden der Wissenschaft unnütze Verschwendungen von Zeit, Mühe und Material, ohne die Wissenschaft weiter zu bringen.

Coblenz, den 27. Juli 1836.

**XII. Bemerkungen über Faraday's Hypothese  
in Betreff der Ursache der Passivität des  
Eisens in Salpetersäure; von Prof. Schön-  
bein.**

---

Mr. Faraday hat in dem diesjährigen Julihefte des *Philosophical Magazine* eine eben so einfache als sinnreiche Hypothese über die Ursache der unter gewissen Umständen eintretenden Passivität des Eisens in gewöhnlicher Salpetersäure aufgestellt. Dieser ausgezeichnete Naturforscher hält nämlich dafür, dass das sonderbare Verhalten dieses Metalles darin seinen Grund habe, einmal in einer dünnen Schicht eines, unter gegebenen Umständen sich bildenden Oxydes, das den Eisendraht umgebe, und dann in der Eigenschaft dieses Oxydes in Salpetersäure von bestimmtem Concentrationsgrade unlöslich zu seyn. Es würde somit, nach Faraday, die eigentliche Ursache der Unthätigkeit des Eisens eine rein mechanische seyn, das heißt, es würde die Passivität darin ihren Grund haben, dass metallisches Eisen und Salpetersäure nicht in unmittelbarer Berührung ständen. Auf eine gleiche Weise scheint Faraday auch die von mir beobachtete Thatsache zu erklären, dass bei einer bestimmten Schließungsweise der Säule am positiven Eisendrahte Sauerstoffgas sich entwickelt. Da wahrscheinlich dessen Abhandlung über den fraglichen Gegenstand in dieser Zeitschrift eine Stelle finden wird, so halte ich es behufs späterer Beziehung auf dieselbe nicht für nothwendig, mich hier in eine umständlichere Auseinandersetzung der in Rede stehenden Hypothese einzulassen, und ich gehe deshalb sofort zur Darlegung von Thatsachen über, welche mit der Faraday'schen im Widerspruch zu stehen scheinen. Zunächst muss ich bemerken, dass die

Oberfläche eines Eisendrahtes, passiv gemacht durch wiederholtes Eintauchen in Salpetersäure von 1,35 (siehe meine letzte Abhandlung)<sup>1)</sup>, einen noch viel reineren und stärkeren Metallglanz besitzt, als die eines gewöhnlichen irgendwie gereinigten Drahtes, mit dem Auge also von einem Oxydhäutchen auch nicht die mindeste Spur wahrgenommen werden kann. Ich will jedoch auf diesen Umstand kein besonderes Gewicht legen, obgleich er mir auch Beachtung zu verdienen scheint. In einer meiner früheren Arbeiten habe ich der Thatsache erwähnt, dass Eisendrahte, auf welche Art sie auch in den passiven Zustand gegen gewöhnliche Salpetersäure versetzt worden seyn mögen, in stark verdünnter Säure wie gewöhnliches Eisen sich verhalten; während ein Eisendraht, als positiver Poldraht dienend, die absoluteste chemische Indifferenz gegen Salpetersäure von jedem Verdünnungsgrade zeigt. Dieses Factum scheint mir ganz entschieden gegen die Richtigkeit der Hypothese des englischen Naturforschers zu sprechen. Denn nehmen wir auch für einen Augenblick an, es bilde sich im Momente der Eintauchung des positiven Eisendrahts in verdünnte Salpetersäure (in Folge der dadurch veranlaßten Wasserersetzung) um diesen herum eine dünne Schicht des fraglichen Oxyds, und es liege in diesem Umstande die eintretende Sauerstoffgasentwicklung begründet, so sieht man in der That nicht ein, wie das gebildete Oxyd nur einen Augenblick lang mit einer verdünnten Säure in Beziehung stehen kann, ohne sich darin aufzulösen, mit einer Säure nämlich, die einen Verdünnungsgrad hat, bei welchem, nach Faraday, das Oxyd nicht mehr indifferent gegen jene sich verhalten dürfte. Mit anderen Worten, es sollte, wenn die chemische Indifferenz des Eisens gegen die Salpetersäure wesentlich durch einen bestimmten Wassergehalt der letzteren bedingt wäre, das Eisen unter den vorhin angegebenen Umständen aktiv sich verhalten, ein Eisennitrat sich bilden und keine Sauerstoff-

1) Annal. Bd. XXXVIII S. 444.

entwicklung an dem Metalle stattfinden. Die Erfahrung zeigt aber erwähntermaßen gerade das Gegentheil von dem, was man nach der besprochenen Hypothese erwarten sollte. Faraday führt zwar an, daß Eisen in Salpetersäure (deren Stärke jedoch nicht angegeben ist) sich auflöse, auch wenn jenes in dieser als positiver Pol functionire. Nach meinen Versuchen, von denen ich behaupten darf, daß sie mit möglichster Sorgfalt und Genauigkeit angestellt worden sind, löst sich unter den angegebenen Umständen keine Spur dieses Metalles in einer Salpetersäure auf, die mehrfach mit Wasser verdünnt ist. Ich ließ viele Stunden lang einen Eisendraht, welcher mit dem positiven Pole eines aus 15 Paaren bestehenden Becherapparates verbunden war, in einer solchen Salpetersäure stehen, ohne daß in ihr nachher auch nur die geringste Menge von Eisenoxyd hätte entdeckt werden können. Etwas anderes verhält es sich allerdings, wenn man zu einem solchen Versuche Salpetersäure von gewöhnlicher Stärke anwendet, z. B. eine von 1,35. In diesem Falle enthält dieselbe nach einiger Zeit immer etwas Eisenoxyd; nach meiner Ueberzeugung wird aber dasselbe nicht in der Säure gebildet, sondern es erzeugt sich an dem Theile des Drahtes, der über dieselbe hinausreicht, ein Eisennitrat (durch die fortwährend aufsteigenden sauren Dämpfe), welches dann auf capillarem Wege, vom gebildeten Salze selbst gebahnt, in die Säure hinabgeführt wird. Ein weiterer wichtiger Umstand, auf den hier aufmerksam gemacht werden muß, ist die That-sache, daß der in die verdünnte Säure eintauchende und gegen dieselbe indifferent sich verhaltende Eisendraht angegriffen wird, sobald durch ihn der elektrische Strom nicht mehr geht. Läßt man den Draht z. B. in der Versuchssäure eingetaucht und öffnet auf irgend eine Weise die Säule, so erscheinen an ihr augenblicklich abwärts sich senkende gelbbraune Streifen, d. h. ein Eisennitrat. Aus dieser Thatsache scheint nun hervorzugeben, daß

die nächste Ursache der chemischen Indifferenz des Eisens gegen die Salpetersäure weder in einer dasselbe umgebenden Oxydschicht, noch in einem bestimmten Wasergehalt der Säure, sondern unmittelbar in dem elektrischen Strome selbst liege, auf welche Art dieser auch als solcher wirken möge. Es ist ferner klar, dass wenn die Passivität des positiven Eisendrahts von einem an ihm vorhandenen Oxydhäutchen abhängig wäre, der gleiche Draht, abgetrennt von der Säule und in gewöhnliche Salpetersäure gebracht, in dieser sich passiv verhalten sollte, was aber nicht der Fall ist. Der Faraday'schen Ansicht nicht ganz günstig ist ferner die Thatsache, dass der positive Eisendraht auch in andern verdünnten Säuren auf eine ähnliche Weise sich verhält wie in Salpetersäure. Bekanntlich wird das Eisen durch einmaliges Eintauchen in rauchende Salpetersäure vollkommen passiv. Wie soll nun in diesem Falle das Oxydhäutchen sich bilden? Durch Salpetersäurezersetzung doch wohl nur allein; denn eine andere ist unter den gegebenen Umständen nicht möglich; ich zweifle indessen stark, dass eine solche stattfinde. Findet aber keine solche statt, so ist schwer einzusehen, auf welche Weise das Eisen sich oxydiren solle. Ich muss sogar bemerken, dass das Galvanometer beim Eintauchen des Eisens in möglichst concentrirte Salpetersäure einen schwachen elektrischen Strom anzeigt; es ist jedoch damit eine Oxydation des Metalles, wie mir scheint, noch nicht bewiesen. Obigen Bemerkungen füge ich nur noch eine einzige bei, die ich nicht als die unwichtigste für die Entscheidung der Frage betrachte. In meiner letzten Abhandlung war von einer stossweisen Action der Salpetersäure von 1,35 auf das Eisen die Rede, und ich zeigte, dass dieselbe in dem abwechselnd Activ- und Passivwerden des Metalles ihren Grund habe. Faraday müfste die Erscheinung durch die Annahme erklären, dass in einem Augenblick ein Oxydhäutchen um den Draht sich bilde, das ihn schütze

gegen die Einwirkung der Salpetersäure, in dem andern Augenblicke aber das nämliche Häutchen in der Säure sich löse, und die reine metallische Oberfläche des Drahtes dadurch wieder in Contact mit der sauren Flüssigkeit komme. Diese Erklärungsweise enthält aber einen Widerspruch mit sich selbst, denn das eine Mal lässt sie das Häutchen in der Säure unauflöslich seyn, das andere Mal aber sich auflösen; sie kann folglich nicht die richtige seyn. Ueberdiess ließe sich noch die unbeantwortbare Frage stellen: warum das Eisen durch mehrmaliges Eintauchen in gewöhnliche Salpetersäure passiv werde, d. h. warum anfänglich ein mit dieser Säure verbindbares, später aber ein in der gleichen Säure unauflösliches Oxyd entstehe? Alle die angegebenen Gründe bestimmen mich, anzunehmen, dass Faraday's Ansicht den passiven Zustand des Eisens nicht genügend erkläre.

Basel, d. 2. Oct. 1836.

---

### XIII. *Ueber salpetersaure Eisenoxydsalze; vom Professor Schönbein.*

---

Unsere Kenntniß über die Zusammensetzung einer grossen Anzahl von Metallsalzen ist anerkanntmassen noch sehr lückenhaft. So wissen wir namentlich nicht, wie viele Eisenoxydnitrate (*nitrates de peroxyde de fer*) es giebt, ja wir haben noch nicht einmal eine genaue Analyse irgend eines Eisenoxydsalzes. Diese Mangelhaftigkeit der Kenntniß von Verbindungen, mit welchen die wissenschaftlichen und technischen Chemiker beinahe täglich zu thun haben, hat ihren Grund zunächst in dem Umstände, dass bis jetzt wohl noch keines der existirenden Eisenoxydnitrate völlig rein dargestellt worden ist, und die Salze, welche man bisher als einfache betrach-

tet hat, Gemische oder Gemenge mehrerer sind. Die meisten Chemiker nehmen vier eigenthümliche Verbindungen der Salpetersäure mit dem Eisendeutoxyd an; ein saures Salz: erzeugt durch die Auflösung des metallischen Eisens in gewöhnlicher Salpetersäure; ein neutrales: erhalten durch Sättigung der Säure mit Eisenoxydhydrat; ein basisches: gewonnen entweder dadurch, daß man eines der beiden vorigen Salze unvollständig vermittelst Kali fällt, oder, daß man das neutrale stark mit Wasser verdünnt und erhitzt; und endlich ein noch basisches: gebildet, indem man wenig Salpetersäure von beträchtlicher Concentration mit viel Eisen erwärmt. Die chemische Constitution aller dieser vorgeblich eigenthümlichen Salze ist, wie schon bemerkt, noch völlig unbekannt, wie auch die sonstigen Eigenschaften dieser Verbindungen äußerst vag und ungenügend beschrieben sind. Ob ich nun gleich nicht im Falle bin, die erwähnte Lücke auszufüllen, so glaube ich doch, daß folgende Notizen einiges dazu beitragen möchten, unsere Kenntnisse über die Eisennitrate zu erweitern und die Aufmerksamkeit der Chemiker wieder auf sie hinzulenken. Es wäre zu wünschen, daß namentlich Hr. Graham aus Glasgow, dem wir bereits schon so äußerst interessante Aufschlüsse über die Zusammensetzung vieler Salze verdanken<sup>1)</sup>, es für der Mühe werth hielte, die Eisennitrate zum Gegenstand seiner Untersuchungen zu machen.

Versetzt man einen Raumtheil einer concentrirten Auflösung des sauren salpetersauren Eisenoxyds mit etwa 4 bis 5 Raumtheilen Wassers, und erhitzt nach und nach das Gemisch bis zum Sieden, so wird dadurch die anfänglich hellgelbe Flüssigkeit in eine tief blutrothe verwandelt. Da diese Farbe selbst nach wieder eingetreterner Abkühlung bleibt, so ergiebt sich, daß das saure Salz irgend eine Zersetzung erlitten haben muß. Dass dieses Eisennitrat unter dem Einflusse vielen Wassers und der Wärme theilweise in ein basisches sich umwan-

1) S. Ann. Bd. XXXVIII S. 123.

delt, ist zwar eine bekannte Sache, jedoch wird angenommen, dass dasselbe, wegen geringer Auflöslichkeit, sich ausscheide, was aber in dem angegebenen Falle nicht geschieht. Setzt man der kalt gewordenen dunkelrothen Flüssigkeit gewöhnliche Salpetersäure zu, so wird aus derselben in ziemlicher Menge eine okergelbe Substanz gefällt, die sich leicht durch Filtration von der übrigen Flüssigkeit abtrennen lässt. Hat man besagter Auflösung so viel Salpetersäure zugefügt, dass ein weiterer Zusatz von dieser jene nicht mehr trübt, so erscheint das Filtrat vollkommen klar und farblos, und es bleibt auf dem Filtrum das schon erwähnte okergelbe Salz zurück. Um ein solches Resultat zu erhalten, ist durchaus nothwendig, dass nach stattgehabter Fällung sogleich filtrirt werde, denn lässt man den Niederschlag nur kurze Zeit mit der sauren Flüssigkeit zusammenstehen, so löst er sich in dieser wieder auf. Was nun die okergelbe Substanz betrifft, so ist sie ohne allen Zweifel ein Salz von ganz bestimmter Zusammensetzung, welche ich aber nicht ausgemittelt habe. Es löst sich mit Leichtigkeit und tief blutrother Farbe im Wasser auf, aus welcher Lösung Salpetersäure es theilweise wieder fällt. In dieser Säure selbst löst es sich ebenfalls auf, langsam in der Kälte, rasch unter Beihülfe wässriger Erwärmung, eine beinahe farblose Flüssigkeit bildend. Wird die wässrige Lösung der okergelben Substanz bis auf einen gewissen Grad eingedampft, so gesteht sie zu einer schwarzbraunen, gallertartigen Masse. Welches Eisensalz ist aber nun in dem oben erwähnten farblosen Filtrat enthalten? Wird dasselbe bei sehr mässiger Wärme bis zur Syrupsconsistenz eingedampft, und dann in einem verschlossenen Gefäse sich selbst überlassen, so schieft aus ihm eine Menge Krystalle an, welche dem Ansehen nach die Würfelgestalt haben und eine lichtgelbe Farbe besitzen, die indessen beinahe gänzlich verschwindet, wenn man aus den Krystallen durch Löschpapier die Feuchtigkeit aus-

ziehen lässt<sup>1)</sup>). Im Zustande vollkommener Reinheit würden dieselben ohne Zweifel vollkommen farblos seyn. Dieses krystallisirte Eisennitrat zieht aus der Lust in kurzer Zeit so viel Wasser an, dass es in demselben zerfließt zu einer honiggelben Flüssigkeit, welche jedoch, mit einigem Wasser versetzt, farblos wird. Die Krystalle schmelzen schon bei einer Temperatur von kaum 50°, und lösen sich beinahe in jedem Verhältnisse im Wasser auf. Eine etwas concentrirte Auflösung derselben färbt sich durch Erwärmung gelb, und zwar um so tiefer, je höher der Erwärmungsgrad ist. Nach eingetreterner Abkühlung erscheint die Auflösung wieder vollkommen farblos, wie schnell oder langsam auch jene erfolgt seyn mag. Wird aber das kubische Eisensalz in sehr viel Wasser gelöst und bis zum Sieden erhitzt, so färbt sich die Lösung dauernd roth, und Salpetersäure fällt daraus in der Kälte wieder etwas okergelbe Substanz. Es ist eine bekannte Thatsache, dass, wenn man zu der gewöhnlichen sauren salpetersauren Eisenlösung noch weitere Salpetersäure setzt, ihre ziemlich dunkelrothe Färbung beinahe gänzlich verschwindet. Vollkommen wasserhell wird die Auflösung durch Zusatz von einem Wasser. Dass diese Farbenveränderung von der Bildung eines neuen Eisensalzes herrührt, lässt sich wohl schon a priori behaupten. Aber auch die Erfahrung bestätigt dieses; denn lässt man die auf eben beschriebene Weise erhaltene farblose Eisenlösung langsam bis zur Honigdicke abdampfen, so erhält man beim Erkalten das kubische Eisennitrat. Aus dieser Thatsache erhellt also, dass eine saure salpetersaure Eisenoxydlösung, durch Salpetersäure entfärbt, nichts anderes ist als eine Auflösung des farblosen Eisensalzes. Hiefür haben wir jedoch noch einen anderen Beweis. Oben schon wurde bemerkt, dass eine etwas concentrirte Auf-

1) Wahrscheinlich ist dieses Salz das gleiche, was Vauquelin durch Zusammenstehen der Salpetersäure mit Hammerschlag erhielt.

lösung gedachten Salzes durch Erwärmung gelb werde, diese Färbung aber bei der Abkühlung wieder verschwinde. Ganz so verhält sich die durch Salpetersäure entfärbte Eisenauflösung. Die verschiedene Färbung dieser Eisen-salzlösung bei verschiedenen Temperaturen scheint von theoretischer Wichtigkeit zu seyn, in sofern diese That-sache nach meinem Dafürhalten beweist, dass Salpeter-säure und Eisenoxyd bei verschiedenen Wärmegraden verschiedene Verbindungen eingehen, und dass das ku-bische Eisennitrat im Wasser aufgelöst und innerhalb ei-ner bestimmten Temperaturgränze in seiner Integrität be-stehen kann. Schon bei etwa  $20^{\circ}$  beginnt die Zersetzung, und je mehr die Temperatur nun gesteigert wird, um so mehr wächst der relative Basisgehalt des Salzes, oder um so mehr Salpetersäure tritt in einen mehr oder weniger chemisch ungebundenen Zustand. Bei eintretender Ab-kühlung findet das Umgekehrte statt, und es reconstituirt sich das kubische Eisensalz wieder. Diese Ansicht scheint durch den Umstand unterstützt zu werden, dass eine kalte farblose Eisennitratlösung um so tiefer gelb sich färbt, je mehr Säure ihr durch Ammoniak entzogen wird. Das Näm-lische also, was die Wärme in dem einen Falle thut, das scheint in dem andern das Ammoniak zu bewirken. Mei-nes Wissens hat man ein ähnliches Verhalten noch au-keinem anderen Salze beobachtet, obgleich nicht wahr-scheinlich ist, dass es sich auf das gedachte salpetersaure Eisenoxyd beschränke.

(Schluss folgt.)

---

**XIV. Chemische Untersuchung des Zinnkieses;  
von Jos. Kudernatsch.**

Klaproth hat den Zinnkies zwei Mal analysirt (siehe Beiträge, Bd. II S. 257 und Bd. V S. 228), weil, wie er selbst bemerkt, das Material, welches ihm zur ersten Analyse zu Gebote stand, nicht ganz rein war. Dieser Bemerkung ungeachtet ist dennoch sonderbarer Weise in viele mineralogische Handbücher nur das Resultat der ersten Untersuchung aufgenommen worden, nach welchem der Zinnkies aus:

**25 Schwefel**

**34 Zinn**

**36 Kupfer**

**2 Eisen**

**97**

besteht, und dem zufolge man ihn als eine Verbindung von Einfach-Schwefelzinn mit Einfach-Schwefelkupfer,  $\text{S}_2\text{Cu}$ , betrachtet hat, wiewohl die angeführte Zusammensetzung von der nach der Formel berechneten sehr bedeutend abweicht, während er nach Klaproth's zweiter Analyse

**30,5 Schwefel**

**26,5 Zinn**

**30 Kupfer**

**12 Eisen**

**99**

enthält, eine Zusammensetzung, die mit obiger Formel gänzlich unvereinbar ist.

Durch die Güte des Hrn. Prof. G. Rose mit der nötigen Menge von diesem seltenen Mineral versehen,

das von stahlgrauer in's Messinggelbe geneigter Farbe, von versteckt blättriger Structur, und unvollkommen muschligem Bruche war, und an dem man, außer Spuren von Kupferkies, die mit der größten Sorgfalt ausgesucht wurden, keine fremdartigen Beimengungen wahrnehmen konnte, unternahm ich daher im Privatlaboratorium des Hrn. Prof. H. Rose eine nochmalige Zerlegung des Zinnkieses, um seine chemische Zusammensetzung möglichst genau auszumitteln.

Zu diesem Zwecke wurde über eine Quantität von etwas mehr als 2 Grm. zum mässig feinen Pulver zerriebenen Zinnkieses, in einer Glaskugel mit beiderseits angeblasnen Röhren, langsam ein Strom trocknes Chlorgas geleitet. Die Einwirkung des Chlors auf das Mineral gab sich sehr bald dadurch zu erkennen, daß sich das Pulver erwärmt und mit einem gelblichweissen Ueberzuge bedeckte. Nachdem das Chlorgas mehrere Stunden durch den Apparat geströmt war, wurde die Kugel mit der Flamme einer einfachen Spirituslampe erwärmt, wobei sich in dem oberen Theile derselben und in der nach der Vorlageflasche zu gelegenen Röhre ein Sublimat von kleinen, schönen gelben Krystallen — einer Doppelverbindung von Chlorzinn und Chlorschwefel — ansetzte. Das Abtreiben der flüchtigen Chloride aus der Kugel wurde hierauf von Zeit zu Zeit wiederholt; und als endlich, nach längerem Erwärmen der Kugel mit der kleinsten Flamme einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, nur Dämpfe von Eisenchlorid sich zeigten, wurde der Apparat nach dem Erkalten auseinandergenommen.

Bei der Auflösung der in der Kugel zurückgebliebenen Chlormetalle in Wasser, in welchem später — um die Verwandlung des Kupferchlorürs in Chlorid zu beschleunigen — etwas Chlorwasserstoffsäure zugesetzt wurde, blieb, außer einer kleinen Menge Bergart, nichts ungelöst. Die erhaltene Auflösung wurde mit Chlorwasserstoffsäure stark sauer gemacht, um bei der Gegenwart

von Zink dessen Fällung zu verhindern, hierauf bei gehöriger Verdünnung das Kupfer durch Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen und auf die bekannte Weise als Oxyd bestimmt.

Die vom Schwefelkupfer getrennte Flüssigkeit wurde, zur Verjagung des Schwefelwasserstoffs erwärmt, vom ausgeschiedenen Schwefel abfiltrirt, das darin befindliche Eisen durch einen Zusatz von Salpetersäure und Erwärmung wieder höher oxydiert, und, nach vorsichtiger Neutralisirung mit Ammoniak, durch bernsteinsaures Ammoniak gefällt.

In der vom bernsteinsauren Eisenoxyd abfiltrirten Flüssigkeit entstand durch Schwefelwasserstoffammoniak ein weißer Niederschlag von Schwefelzink. Er wurde auf einem Filter gesammelt, in Chlorwasserstoffsaure aufgelöst, die Auflösung filtrirt und das Zink bei Siedhitze durch kohlensaures Natron präcipitirt. In der vom kohlensauren Zinkoxyd rückständigen Flüssigkeit entstand durch Schwefelwasserstoffammoniak auch nach längerem Stehen und Erwärmen keine Trübung.

In der Vorlageflasche, worin sehr verdünnte Chlorwasserstoffsaure vorgeschlagen worden war, hatte sich etwas Schwefel ausgeschieden. Er wurde auf ein gewogenes Filter gebracht, getrocknet und gewogen, und aus der Flüssigkeit die Schwefelsäure durch Chlorbaryum gefällt. Nachdem die vom schwefelsauren Baryt abfiltrirte Lösung durch einen Zusatz von verdünnter Schwefelsäure vom überschüssigen Chlorbaryum befreit worden, wurde aus derselben das Zinn durch einen Strom Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen. Die mit Schwefelwasserstoff gesättigte Flüssigkeit erwärmt man höchst gelinde, und als sich das niedergeschlagene Schwefelzinn in Maximo gut abgesetzt hatte und nur noch ein schwacher Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrzunehmen war, brachte man es auf ein Filter.

Die Umwandlung des Schwefelzinns in Zinnoxyd geschah durch Rösten des ersteren im Platintiegel. Diese Methode führt schnell und sicher zum Ziele; sie erfordert aber viele Vorsicht, wenn die Operation nicht missglücken soll. Man muss nämlich von dem, am Filter gut getrockneten, Schwefelzinn nur kleine Mengen auf einmal in den Platintiegel thun, und denselben äusserst gelinde erhitzen, so dass das Schwefelzinn, besonders beim Beginn der Operation, nicht zum Glühen kommt. Geschieht das letztere, so brennt die Hälfte des Schwefels ab, und es bleibt geschmolzenes Schwefelzinn in Minimo zurück, das man durch Rösten vergeblich in Zinnoxyd zu verwandeln suchen würde. Vermeidet man aber den erwähnten Fehler, und erhitzt man das Schwefelzinn nur allmälig und nur so stark, dass fortwährend ein Geruch nach schwefliger Säure wahrzunehmen ist, so erhält man das Zinnoxyd in Form der Stückchen des Schwefelzinns und von graulichweißer Farbe. Um es von den letzten Antheilen Schwefelsäure zu befreien, legt man ein Stückchen kohlensaures Ammoniak darauf und glüht es nochmals heftig durch.

Aus der vom Schwefelzinn abfiltrirten Flüssigkeit erfolgte, nach Uebersättigung mit Ammoniak, durch Schwefelwasserstoffammoniak nur ein geringer Niederschlag von Schwefeleisen, der auf einem Filter gesammelt, gegläut und als Oxyd in Rechnung genommen wurde.

Dieser Untersuchung zufolge besteht der Zinnkies von Cornwall aus:

Schwefel	29,64
Zinn	25,55
Kupfer	29,39
Eisen	12,44
Zink	1,77
Bergart	1,02
	99,81.

Ein Resultat, das mit dem von Klaproth bei seiner zweiten Analyse erhaltenen sehr nahe übereinstimmt.

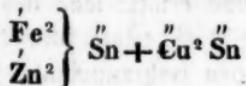
25,55 Zinn erfordern 13,98 Schwefel, um Schwefelzinn in Maximo, Sn, zu bilden. Eben so erfordern

29,39 Kupfer 7,47 Schwefel, um Cu

12,44 Eisen 7,37 Schwefel, um Fe

und 1,77 Zink 0,88 Schwefel, um Zn

zu geben. Der Zinnkies wäre demnach als ein Schwefelsalz zu betrachten, das aus Schwefelzinn in Maximo, verbunden mit Kupfer- und Eisensulfuret, das zum Theil durch Zinksulfuret ersetzt wird, besteht. Seine Zusammensetzung lässt sich durch die Formel



bezeichnen.

Nach derselben berechnet, besteht er aus:

30,13 Schwefel

27,53 Zinn

29,64 Kupfer

12,70 Eisen (mit Hinweglassung des Zinks)

---

100,00.

Das Schwefelzink glaubte ich nicht als unwesentlich aus der Mischung weglassen zu dürfen, weil an dem Stücke Zinnkies, von welchem ein Theil zur Analyse diente, auch nicht eine Spur von Blende bemerkt werden konnte; wiewohl dann die nach dem Resultate der Analyse berechneten Schwefelmengen dem in der Formel ausgesprochenen einfachen Verhältnisse näher kommen. Dafs sie davon nicht unbedeutend abweichen, hat seinen Grund gewiss nur einzig und allein in einer Verunreinigung des Zinnkieses mit Kupferkies, welche so innig seyn muss, dafs selbst die scheinbar reinsten Stücke nicht frei davon sind, und welche bei der in's Gelbe ge-

neigten Farbe des Zinnkieses, und bei seiner Eigenschaft, dem Anlaufen ebenfalls unterworfen zu seyn, sehr schwer wahrzunehmen ist. Bei der Analyse erhält man durch den eingemengten Kupferkies einen Ueberschuss an Sulfureten, wie das obige Resultat zeigt. Dasselbe ist indessen entscheidend genug, um über die Zusammensetzung des Zinnkieses keinen Zweifel mehr übrig zu lassen.

---

*XV. Beiträge zur Reduction des Schwefelarseniks;  
von J. Franz Simon.*

---

1) Reduction des Schwefelarseniks durch kaustische Kalkerde.

Bei einer grossen Reihe von Versuchen über die Reduction des Schwefelarseniks nach den verschiedenen Methoden, gelang es mir, dasselbe auf eine bis jetzt noch nicht bekannte Methode mit der kaustischen Kalkerde zu reduciren. Besonders bei kleinen Mengen von 0,1 Grm., 0,02 Grm., ja selbst noch bei weniger als einem Milligramm giebt diese Methode sehr gute Resultate; es entweicht, wenn geschickt gearbeitet wird, keine Spur Schwefelarsenik, und der Metallspiegel erhält einen vorzüglich schönen Glanz. Da diese Art der Reduction für die gerichtliche Chemie einiges Interesse haben kann, so werde ich mein Verfahren ganz genau beschreiben, und es wird dann Jedem leicht seyn, sich durch eigene Versuche von der Anwendbarkeit der kaustischen Kalkerde als Reduktionsmittel für das Schwefelarsenik zu überzeugen.

Eine Glasröhre von ungefähr 2 Linien im Durchmesser und 3 Zoll lang wird an dem einen Ende zugeschmolzen, und so ausgezogen, dass sie auf die Länge eines bis anderthalb Zoll einen Durchmesser von etwa  $\frac{3}{4}$  Linien bekommt. In die Spitze dieses schmalen Röhr-

chens wird das Schwefelarsenik gelegt und durch Stoßen das an den Wänden hängen gebliebene so viel wie möglich in der Spitze vereinigt, und was sich nicht so fortbringen lässt, durch die Flamme einer Spirituslampe hineingetrieben. Man erhitzt sodann die Stelle, wo das Schwefelarsenik sich befindet, behutsam, bis es eben anfangen will zu sublimiren, wobei es braun wird und sein Volumen bedeutend vermehrt. Unterlässt man dies, so treibt später das Schwefelarsenik, noch ehe es sich verflüchtigt, mit Heftigkeit die Kalkerde nach vorne und stört die Reduction.

Man glüht hierauf etwas Kalkerde — ich bediene mich des gewöhnlichen Kalkerdehydrats — auf einem Platinblech anhaltend, bis man überzeugt seyn kann, dass sie vollkommen wasser- und kohlensäurefrei ist, schüttet damit den Raum über dem Schwefelarsenik in dem ausgezogenen Theile der Glasmöhre voll, so dass die Kalkerde einen Raum, etwa dem doppelten bis dreifachen Volumen des Schwefelarseniks entsprechend, einnimmt, und sucht die leeren Zwischenräume durch leises Rütteln der Röhre auszufüllen. Einen Drittel oder halben Zoll über der Kalkerde, da wo der Metallanflug sich anlegen wird, zieht man nun wieder die Röhre so aus, dass das Arsenikmetall auf einen möglichst kleinen Flächenraum concentrirt wird.

Nachdem die Reduction so vorbereitet ist, erhitzt man die Glasmöhre, arbeitet man mit grösseren Mengen und ist die Röhre stark, in der Flamme einer Lampe mit doppeltem Luftzuge, bei kleinen Mengen und dünnen Röhren in der ruhig brennenden Flamme einer einfachen Spirituslampe. Von dem geschickten Erhitzen hängt das Gelingen der Reduction ab. Man verfährt dabei so, dass man zuerst den Kalk ganz vorn erhitzt, bis er glüht, dann immer mehr den hinterliegenden Theil in die Flamme hineinschiebt, jedoch so, dass das Schwefelar-

senik nicht bis zum Verflüchtigen mit erhitzt wird. Hierbei kommt es oft, besonders wenn sich die ersten Spuren des Schwefelarseniks verflüchtigen, dass die Kalkerde vorgetrieben wird; man muss sie danu wieder durch sanftes Aufstoßen sammeln, und da Anglügen, wie oben beschrieben, von Neuem beginnen. Wenn endlich der Kalk vollkommen glüht, oder wenigstens der grösste Theil und besonders der dem Schwefelkies am nächsten, schiebt man auch dieses in die Flamme. Man wird bei einiger Aufmerksamkeit, und besonders wenn das Zimmer nicht sehr hell ist, bemerken, wie im Augenblicke, wo sich das Schwefelarsenik verflüchtigt, durch die Masse des glühenden Kalks ein momentanes helleres Licht hinzieht, als sicheres Zeichen einer chemischen Reaction, und man findet dann den metallischen Anflug in dem oberhalb der Kalkerde ausgezogenen Theile der Glasröhre.

Größere Mengen Schwefelarsenik, als einen Gran, auf diese Art zu reduciren, wird immer etwas schwer halten. Ein Theil desselben wird zwar stets metallisirt werden, aber weil es bei der gröfseren Menge anzuwenden der Kalkerde schwierig ist, sie vollkommen glühend zu erhalten, ohne dass das Glas sich biegt, so entweicht ein Theil Arsenik unzersetzt. Bei sehr kleinen Mengen aber, und selbst, wie ich schon angeführt habe, bei weniger als ein Milligramm, ist mir jedesmal die Reduction vollkommen gelungen. Das gerade empfiehlt, wie ich glaube, diese Methode vorzüglich, und macht sie in der gerichtlich-chemischen Analyse anwendbar, wo man oft mit ähnlich kleinen Mengen zu operiren genötigt ist.

Wenn nach vollendetem Reduction die Kalkerde auf ein Uhrgläschen geschüttet wird, so entwickelt sie sehr bald den Schwefellebergeruch, und besuchtet man sie mit Wasser und bringt etwas Salpetersäure hinzu, so wird sie mit Aufbrausen von entweichendem Schwefelwasserstoffgas, aufgelöst. War die Reduction ganz vollkom-

W.G.F.M.

men, so ist die Lösung klar und farblos, häufig aber ist sie etwas gelblich gefärbt von noch in der Kalkerde zurückgehaltenem Schwefelarsenik.

Den Metallanflug kann man in dem ausgezogenen Theile der Röhre noch etwas zusammenreiben, um ihn sichtbarer und glänzender zu machen; es ist aber bei kleinen Mengen vor dem öftern Hin- und Hertreiben zu warnen, wobei es sich nicht selten ereignet, daß der Spiegel ganz verschwindet und nicht wieder zusammenzutreiben ist. Soll etwa ein Milligramm Schwefelarsenik oder noch weniger reducirt werden, so muß auch das Röhrchen verhältnismäßig mehr ausgezogen und von einem geringeren Durchmesser genommen werden.

Die Methode von Liebig giebt ähnliche, aber nicht ganz so sichere Resultate. Der verkohlte und geblühte weinsteinsaure Kalk bildet ein lockeres Pulver, die Dämpfe des Schwefelarseniks streichen leicht und rasch hindurch, ohne Zeit zu haben sich vollkommen zu zersetzen; es wird deshalb aber auch der geblühte weinsteinsaure Kalk nicht oder wenig von den Dämpfen des Schwefelarseniks vorgetrieben, was häufiger bei der Anwendung des kaustischen Kalks geschieht. In dieser Beziehung ist die hier beschriebene Methode etwas mühseliger, weil man den etwa vorgetriebenen Kalk wieder ansammeln und das Anglühen von Neuem beginnen muß. Aber bald wird man durch Handgriffe sich die Arbeit erleichtern lernen. Ich verfahre auf folgende Art, wobei nie ein Vortreiben des Kalks stattfinden kann und die Reduction ohne alle Mühe vor sich geht. Nachdem der geblühte Kalk auf das Schwefelarsenik geschüttet und durch Aufstoßen gesammelt ist, schütte ich auf den Kalk etwa  $\frac{1}{4}$  Gran geblühter Soda, und erhitze erst diese bis sie anfängt zu schmelzen und gleichsam einen festsitzenden Kork, der aber genug Raum läßt, damit das dampfförmige Arsenik durchstreichen kann, darstellt. Nun ist der Kalk gehindert vorzutreiben, und man sieht, wie mit hellem

MnO<sub>2</sub>

Lichte das Arsenik durch den mattglühenden Kalk hindurchgeht.

An Sicherheit wird diese Methode der von Berzelius, wo man mit Wasserstoffgas das Schwefelarsenik reducirt, nicht nachstehen, und ist an Einfachheit derselben gewiss vorzuziehen.

2) Trennung des Schwefelarseniks vom Schwefelantimon mittels Reduction durch geglühten Kalk.

Auf dieselbe Art gelang es mir, bei einer Verbindung von Schwefelarsenik mit Schwefelantimon das Arsenik metallisch durch Reduction zu trennen. Ich stellte zuerst folgende Versuche an. Ein Gran Kermes wurde mit 0,1 Grn. Schwefelarsenik gemengt, und auf einem Uhrläschchen im Sandbade so lange erwärmt, bis kein Wasser mehr verdampfte, wobei der Kermes eine schwarzbraune Farbe angenommen hatte. Ich schüttete diese Schwefelverbindung in ein ausgezogenes, wie oben beschriebenes Reductionsröhrchen, auf diese eine, dem Volumen nach, dreifache Menge frisch und heftig geglähte kaustische Kalkerde, und auf diese wieder  $\frac{1}{4}$  Gran gegläubter Soda. Es wurde nun wieder zuerst die Soda erhitzt, bis sie anfing zu schmelzen und gleichsam als Pfropfen diente, sodann die Kalkerde von vorn nach hinten zu zum Glühen gebracht, und endlich die Spitze der Röhre mit der Schwefelverbindung von Antimon und Arsenik in die Flamme gezogen. Die Trennung und Reduction gelang vollständig und das Arsenikmetall hatte sich oberhalb der Soda als hellglänzender Spiegel angelegt. Ein Milligramm Schwefelarsenik mit  $\frac{1}{2}$  Gran Kermes auf gleiche Weise behandelt, gab noch einen gut zu erkennenden Anflug von Arsenikmetall.

Zehn Gran Brechweinstein wurden mit einem Gran arsenichter Säure in Wasser gelöst, und durch einen anhaltend hindurchstreichenden Strom von Schwefelwasserstoffgas die Schwefelmetalle vollkommen gefällt. Sie wur-

den durch Filtriren gesondert, getrocknet und auf einem Uhrgläschen im Sandbade bis zur Vertreibung der Feuchtigkeit erwärmt.

Ein Gran dieser Schwefelverbindung wurde auf ein Platinblech noch ein wenig erwärmt, bis die Farbe in's Dunkelbraune überging und wie früher behandelt. Es wurde ein schöner und ziemlich bedeutender Spiegel von Arsenikmetall erhalten. Ein Viertel-Gran, in welchem, der ungefährn Berechnung nach, kaum mehr als ein Milligramm Schwefelarsenik enthalten seyn konnte, gab ebenfalls noch einen zu erkennenden Arsenikanflug.

Noch eine andere Methode mit frisch geglühtem kohlensauren Natron versuchte ich, die zwar den Vortheil hat, daß man grössere Mengen der Schwefelmetalle anwenden kann, um daraus das Arsenik metallisch darzustellen, die aber nicht so ganz sichere Resultate giebt. Die Schwefelverbindung von Antimon mit Arsenik wird, wie oben erwähnt, vom Hydratwasser befreit, und sodann mit frisch und stark angeglühter Soda, im Verhältniss wie 1 : 5, genau vermischt in ein Glasrörchen geschüttet. Vermuthet man sehr wenig Schwefelarsenik, und daher einen geringen Metallanflug, so zieht man etwa einen Viertel-Zoll von der Stelle, wo das zu glühende Gemeng liegt, die Röhre etwas aus, so daß der Arsenikanflug auf den möglichst kleinen Raum concentrirt wird.

Wird sodann das Gemeng der Soda mit den Schwefelmetallen erst gelinde sodann bis zum Glühen erhitzt, so bemerkt man zuerst einen leichten Anflug von Schwefelarsenik, dem sogleich reducirtes Arsenik folgt. Aber jedesmal geht der Arsenikreduction das Entweichen einer geringen Menge Schwefelarseniks voran. Man kann auf dieselbe Art auch Schwefelarsenik allein für sich durch Soda reduciren, jedoch nie ohne Verlust von Schwefelarsenik, das unzersetzt entweicht.

*XVI. Ueber einen neuen Aether;  
von Dr. C. Ettling<sup>1</sup>).*

**V**or einiger Zeit hat Prof. Löwig in Zürich eine Arbeit über die Wirkung des Kaliums oder Natriums auf Oxaläther bekannt gemacht, worin er darzuthun sucht, dass der Oxaläther hiebei in Kleesäure, Krokonsäure, Kohlenoxydgas und gewöhnlichen Aether zerfalle<sup>2</sup>).

Ich habe die Arbeit des Hrn. Prof. Löwig wiederholt und bin dabei auf Resultate gekommen, welche von den seinigen sehr verschieden sind. Es bildet sich nämlich bei der Einwirkung des Kaliums oder Natriums auf wasserfreien Oxaläther weder Krokonsäure noch gewöhnlicher Aether, sondern statt der ersteren eine rothe harzähnliche, sowohl in Alkohol als Aether, allein auch in Wasser lösliche Masse, welche dem äusseren Ansehen nach mit dem braunrothen Harze des Aldehyds Aehnlichkeit hat, sich aber durch seine Leichtlöslichkeit in Wasser von demselben unterscheidet. Statt des Schwefeläthers bildet sich eine ätherische Flüssigkeit, deren Siedpunkt so hoch liegt, dass während des ganzen Verlaufs der Einwirkung des Natriums auf den Oxaläther, selbst wenn man zuletzt die Wärme einer concentrirten siedenden Kochsalzlösung zur Unterstützung der Reaction anwendet, nichts davon übergeht. Ich habe diese Flüssigkeit untersucht, und dieselbe für *Kohlensäure-Aether* erkannt. Auf einige Zeit in der Untersuchung der sich zugleich mit diesem Aether bildenden Producte gestört, will ich in Nachfolgendem einstweilen die Analyse und die Eigenschaften derselben niederlegen.

1) *Annalen der Pharmacie*, Bd. XIX S. 17.

2) S. *Annal.* Bd. XXXVII S. 400.

Bringt man in wasserfreien und weinölfreien Oxaläther ein Stückchen Natrium, so bemerkt man in der Kälte so gut wie gar keine Reaction. Wenn man den Aether aber so weit erwärmt, daß das darin schwimmende Natrium erweicht, so sieht man dasselbe sich aus seiner Oxydrinde, ohne welche man dasselbe nicht in den Apparat bringen kann, heraustreten, indem es letztere als trocknes Skelett zurückläßt, welches mittelst eines Glassstäbchens leicht herausgenommen werden kann. Um das Natrium herum bilden sich nun gelblichweiße Flocken, welche, in dem Maafse sie sich vermehren, dunkler und zuletzt dunkelroth werden, während das übrige Natrium glänzend in der Masse schwimmt. Es entwickelt sich hierbei kein Gas; erhitzt man aber die Masse stärker (ungefähr bis zu  $130^{\circ}$  C.), so sieht man sowohl zunächst des Natriums, als auch durch die ganze Masse hindurch eine Menge Gasbläschen entweichen, welche, gesammelt und gemessen, auf 5,07 Grm. Oxaläther ungefähr 586 Cub. Centimeter betragen. Dieses Gas stimmt in seinen Eigenschaften mit denen des Koblenoxydgases überein, scheint aber eine kleine Menge Wasserstoffgas oder eines Kohlenwasserstoffgases zu enthalten, denn bei der Verbrennung desselben mit Kupferoxyd erhielt ich neben 1,249 Grm. Kohlensäure 0,0405 Wasser, was, wenn man das Gas als Koblenoxydgas annimmt, das Verhältniß von 12,6 des ersten zu 1 Vol. Wasserstoffgas gäbe.

Wenn auf Zusatz neuen Natriums keine Gasentwicklung mehr stattfindet, so hat man in der Retorte eine, in der Wärme syrapartige, in der Kälte extractartige, dunkelrothe Masse, welche einen eigenthümlichen Geruch besitzt, sich vollständig in absolutem Alkohol löst, und unter der Luftpumpe über Schwefelsäure, unter Anwendung von Wärme, zu einer glasglänzenden Masse zusammengetrocknet. Gerieben stellt sie ein braunrothes Pulver dar, welches äußerst leicht, feucht und klebrig wird.

Vermischt man die nicht getrocknete Masse mit Was-

ser, so löst sie sich darin sehr leicht, und oben auf scheidet sich der neue Aether ab. Ich habe denselben mit Wasser gewaschen, dann mit frischem Wasser destillirt, und wenn er noch unzersetzten Oxaläther enthielt, über einer kleinen Menge Natrium rectificirt, nachdem derselbe vorher durch Digestion mit Chlorcalcium vom Wasser befreit worden, und zuletzt für sich allein, um ihn von Alkohol zu befreien, welchen er in Folge der Einwirkung von Natriumoxyd auf den Oxaläther enthalten konnte, so lange in einer kleinen Retorte erhitzt, bis sein Siedpunkt constant blieb. Was nun überging, wurde besonders aufgesaugt, und besitzt folgende Eigenschaften.

Er ist farblos, leicht flüssig, siedet bei 125° bis 126° C., brennt schwierig an einem Glasstäbchen mit einer kleinen, rein blauen Flamme ohne hellen Saum, schmeckt brennend gewürzhaft und besitzt einen dem des Oxaläthers entfernt ähnlichen erfrischenden Geruch.

Vermischt man denselben mit einer Auflösung von Aetzkali in Alkohol, so bemerkt man in der Kälte keine Einwirkung, allein schon beim gelinden Erwärmen trübt sich das Gemisch, und es setzt sich ein weißer voluminöser Niederschlag ab, welcher, auf Zusatz einer Spur Wasser, sich zu öligen Tropfen zu unterst der Flüssigkeit vereinigt. Setzt man nun eine Säure zu, so entsteht ein starkes Aufbrausen von Kohlensäure.

Die neutralisierte Flüssigkeit giebt mit Kalksalzen keine Spur eines Niederschlags von kleesaurem Kalk, und eben so wenig konnte ich mit Silber- und Quecksilbersalzen Ameisensäure entdecken.

Mit Kupferoxyd in Hrn. Prof. Liebig's Apparat verbrannt, lieferten:

I.	0,5076	Aether	0,939	Kohlensäure	und	0,392	Wasser
II.	0,5399	-	1,002	-	-	0,417	-
III.	0,5725	-	1,044	-	-	0,434	-

Auf 100 Th. berechnet, entsprechen diese Zahlen:

Kohlenstoff	51,1508	51,3075	50,4236 <sup>1)</sup>
Wasserstoff	8,5806	8,5802	8,4230
Sauerstoff	40,2684	40,1121	41,1533
Sie entsprechen ferner der Formel C <sub>6</sub> H <sub>16</sub> O <sub>3</sub> .			
5 C	382,185	51,328	
10 H	62,398	8,380	
3 O	300,000	40,292	
	744,583	100,000.	

Um für die Richtigkeit dieser Analysen eine Control zu erhalten, bestimmte ich das spec. Gew. des Dampfs nach der Methode des Hrn. Dumas. Die Kugel mit der Flüssigkeit wurde in einem Chlorzinkbade erhitzt.

Die Kugel mit trockner Luft wog 47,770 Grm.

Die Temperatur der Luft war 18,6° C.

Der Druck der Luft war 27" 7",8

Die Kugel fasste, mit Quecksilber ausgemessen 290 Cub. Cent.

290 C. C. Luft auf 0° und 28" Druck berechnet, geben 267,7 C. C., welche 0,34776 Grm. wiegen. Zieht man das Gewicht der Luft von dem der Kugel mit Luft ab, so bleiben für das Gewicht der Kugel allein 47,42224 Grm.

Die Kugel mit Aetherdampf gefüllt wog 48,431 Grm.

Temperatur des Dampfes 150° C.

Druck der Luft 27" 7",8

Volum des Aetherdampfs mittelst Quecksilber gemessen 289,5 C. C.

Zieht man das Gewicht der leeren Kugel von dem der mit Dampf gefüllten ab, so bleiben für das Gewicht des Aetherdampfes 1,00876 Grm. und für das Volum des

1) Die geringere Menge Kohle, welche in der dritten Analyse erhalten wurde, erklärt sich daraus, dass die Gasentwicklung einmal etwas zu rasch ging, und so ein kleiner Theil Kohlensäure unabsorbirt entweichen konnte.

selben bei  $0^{\circ}$  und  $28''$  Druck berechnet, erhält man 182,98 C. C.

1000 C. C. Aetherdampf wiegen demnach 5,5129, und das spec. Gewicht desselben wäre also = 4,243.

Das spec. Gewicht von 1 Vol. Aetherdampf ist = 2,58088

Das spec. Gewicht von 1 Vol. Kohlensäure ist = 1,52400

---

4,10488

Vergleicht man das berechnete Gewicht mit dem gefundenen, so sieht man, dass in dem neuen Aether 1 Vol. Aetherdampf und 1 Vol. Kohlensäure zu einem Volum verdichtet sind; eine Verdichtungsweise, wie sie Hr. Dumas beim Oxaläther und beim schwefelsauren Methylen gefunden hat. Hält man die Zersetzungswise dieses Aethers durch Aetzkali, seine Zusammensetzung nach der Analyse und das spec. Gewicht seines Dampfes zusammen, so kann man wohl nicht daran zweifeln, dass der selbe *Kohlensäureäther* sey.

Ueber die Art, wie derselbe durch Natrium aus dem Oxaläther gebildet wird, kann ich noch keine Vermuthung aussprechen. Die genaueste Untersuchung der gleichzeitig entstehenden Körper, mit welchen ich gegenwärtig beschäftigt bin, wird mir vielleicht erlauben, diese Frage bald zu beantworten.

### XVII. Untersuchung der Katechusäure und einiger auf deren Kosten sich bildender Stoffe; von L. F. Svanberg.

(Kongl. Vetensk. Acad. Handling.)

Obwohl eigentlich eine Gleichheit in der atomistischen Zusammensetzung der Katechusäure und Galläpfelsäure nicht mit Grund zu vermuten war, so schien es doch

wahrscheinlich, dass beide Säuren ein einfaches Verhältnis zu einander haben würden, da der Gerbstoff der Galläpfel zu dem des Katechu's, nach Pelouze's Untersuchung, in solchem Zusammenhange steht, dass ersterer auf dasselbe Kohlenwasserstoffradical anderthalb Mal so viel Sauerstoff als der letztere enthält, d. h. dass, wenn der Galläpfel-Gerbstoff  $= C^{18} H^{16} O^{12}$  ist, der Katechu-Gerbstoff  $C^{18} H^{18} O^8$  seyn würde<sup>1)</sup>. Aehnliche Analogien, obwohl bisher noch wenig beobachtet, werden doch vermutlich in Zukunft viel Licht über das Verhalten und die Reactionen der verwandten Stoffe verbreiten; und obgleich ein Charakterisirendes für jedes gleich zusammengesetztes Kohlenwasserstoffradikal in diesen verschiedenen Acidificationsgraden noch nicht bemerkt worden ist, so steht doch zu vermuthen, dass dies in Zukunft geschehen werde, und dann wird es der Leitsfaden, nach welchem eine grundsätzliche Nomenclatur für die in so grosser Anzahl sich häufenden organischen Zusammensetzungen aufgestellt werden kann. Da es indefs noch zu zeitig wäre, eine solche Nomenclatur bilden zu wollen, so habe ich die Namen für zwei neue Verbindungen, welche ich in dem Folgenden beschreiben werde, von einem andern Verhältnis abgeleitet. Uebrigens bin ich so glücklich gewesen, die nachfolgenden Versuche in dem Laboratorium und unter der Leitung von Berzelius anstellen zu können.

#### Katechusäure.

Die Katechusäure wurde zuerst auf die von Büchner vorgeschriebene Weise bereitet<sup>2)</sup>; da sie aber dadurch

1) Nach Liebig ist ersterer aber:  $C^{18} H^{16} O^{12}$  P.

2) Büchner's Verfahren ist folgendes. Acht Unzen zum feinsten Staube geriebenen Katechus von Bombay (das Bengalische giebt weniger) macerirt man acht Tage lang unter öfterem Umrühren mit dem vierfachen Gewicht Wassers, lässt die Flüssigkeit 4 bis 5 Tage klären und gießt sie ab. Den Rückstand übergießt man wieder mit 4 Theilen kalten Wassers, versfährt wie vorhin, und

niemals rein erhalten werden konnte, so wurde die dar-nach grössttentheils zuvor gereinigte Säure in warmem Wasser gelöst und vollkommen mit einer Lösung von Bleizucker niedergeschlagen, und darauf das katechusaure

wiederholt dies drei bis vier Mal, aber nur mit dem doppelten Gewicht Wassers, worauf man nun die ungelöste Masse in dem achtfachen Gewichte kochenden Wassers auflöst. Die Lösung, welche nun die Katechusäure (von Büchner Tanningensäure genannt) und Gerbstoff enthält, wird kochendheiss mit einer allmälig zugesetzten Lösung von Bleiessig vermischt, bis eine abfiltrirte Probe nur noch die Farbe von Rheinwein besitzt. Dadurch wird die färbende Substanz niedergeschlagen. Die Lösung wird kochendheiss filtrirt, entweder durch Leinwand oder durch sehr dünnes Filterpapier, so dass sie rasch durchläuft, denn die Säure setzt sich beim Erkalten ab. Bei einer Temperatur von ungefähr  $0^{\circ}$  fängt die durchgelaufene Flüssigkeit an sich zu trüben; in der Sommertemperatur dauert es einige Stunden. Die Katechusäure (Tanningensäure) setzt sich dabei in Gestalt eines körnigen weissen Niederschlags ab. Nach 12 Stunden wird er abfiltrirt, noch ein Mal in kochendem Wasser aufgelöst, mit Eiweiss geklärt und kochendheiss in eine verschliessbare Flasche filtrirt; denn im warmen Zustand färbt sich die Lösung an der Luft. Nachdem sie sich abgesetzt hat, wird sie noch ein Mal in einer mit Wasser angefüllten, verkorkten Flasche aufgelöst, indem man diese langsam erwärmt, und nach geschehener Auflösung wieder langsam erkalten lässt.

Die ausgepresste trockne Säure ist ein weisses, leichtes, zartes Pulver, von eignem süßlichen Geschmack, das zu seiner Lösung in Wasser bei  $5^{\circ}$  nicht weniger als 16000 Th., vom kochenden Wasser aber nur 3 bis 4 Theile erfordert, das sich in 120 Th. kalten, und in 2 bis 3 Th. siedenden Alkohols löst, auch von 7 bis 8 alkoholfreiem Aether beim Sieden gelöst wird.

Berzelius hat Dahlström veranlaßt, einige Versuche über diese Säure anzustellen, und in seinem Jahresbericht, No. 14 S. 235, Folgendes von dessen Resultaten bekannt gemacht: »Gepülvertes und gesiebtes Katechu wird in ein Filtrum von Papier gelegt, und durch dasselbe, ohne dass man es umräht, ununterbrochen kaltes Wasser hindurchlaufen gelassen, bis dieses fast farblos abläuft. Der Rückstand auf dem Filtrum wird alsdann zwischen Löschpapier getrocknet, und zwar je schneller je besser, weil er durch längere Berührung mit der Luft eine bra-

Bleioxyd durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Die Katechusäure wurde mit warmem Wasser aus dem Schwefelblei ausgezogen, das den Färbestoff zurückhielt; beim Erkalten des Wassers setzte sich die Katechusäure im vollkommen weissen Zustand ab. Setzt man die noch feuchte Säure der Luft aus, oder wäscht sie auf dem Filtrum mit lufthaltigem Wasser, so verliert sie bald ihre weisse Farbe und fängt an gelb zu werden. Sie muss daher so schnell wie möglich durch Ausdrücken zwischen Fließpapier vom Wasser befreit, und dann im luftleeren Raum über Schwefelsäure getrocknet werden. Wenn man die Säure mit warmem Wasser vom Schwefelblei aus-

nere Farbe bekommt. Darauf wird er so lange mit warmem Alkohol digerirt, als noch Säure übrig ist. Der Alkohol wird alsdann zur Hälfte von den filtrirten und vermischten Alkohollösungen abdestillirt, und der gebildete bräunliche Niederschlag nachher abfiltrirt. — Die Lösung wird bei  $+40^{\circ}$  bis zur Hälfte abgedampft und dann zum Krystallisiren an einen kalten Ort gestellt. Nach einigen Stunden setzt sich die Säure krystallisiert ab. Sie hat noch eine graubraune Farbe. Sie wird auf ein Filtrum genommen, zwischen Löschpapier getrocknet, in heissem Wasser gelöst, und so lange basisches, darauf essigaures Bleioxyd hinzugesetzt, bis die Auflösung ganz farblos geworden ist. Man lässt alsdann einen Strom von Schwefelwasserstoffgas hindurchstreichen, um das aufgelöste Bleisalz zu fällen, welches sonst beim Erkalten mit der Säure herausfallen und dieselbe graulich färben würde. Die Masse wird aufgekocht und filtrirt, worauf die Säure in vollkommen weissen, erhöhten Vegetationen aus nadelförmigen Krystallen anschiesst, welche in fast trocknem Zustand ein glänzendes, schuppiges Ansehen bekommen. — An der Luft erhält sich diese Säure unverändert, wenn sie absolut rein und frei von Bleisalz ist, aber die geringste Menge davon färbt sie. Sie röhrt das Lackmuspapier schwach und scheint nur eine geringe Sättigungscapacität zu haben. Das Filtrirpapier, welches man anwendet, muss mit Salzsäure gewaschen seyn, weil sonst die farblose wässrige Lösung der Säure dadurch blau gefärbt wird. Ich ziehe diese Bereitungsart vor, weil nach der von Büchner angegebenen Methode die Säure gefärbt, und auch theilweise von der Bleiauflösung zugleich mit den anderen Substanzen gefällt wird.«

zieht, so muss man das Wasser nicht ganz siedend nehmen, auch nicht in so geringer Menge, dass es völlig gesättigt wird, weil in beiden Fällen der mit dem Schwefelblei niedergefallene Farbstoff sich zum Theil wieder auflöst, was dagegen leicht verhindert werden kann, wenn man hinlänglich Wasser nimmt, und dessen Temperatur nicht 90° C. übersteigen lässt.

Die Katechusäure ist eine äußerst schwache Säure, keine stärkere als der Zucker. Sie treibt aus kohensaurem Kalk nicht die Kohlensäure aus, wenn man sie auch damit kocht. Löst man Katechusäure in kohensaurem Kali auf, so geht nicht eher Kohlensäure fort, als bis man die Säure in so grosser Menge anwendet, dass beim Erkalten ein Theil derselben herauskrystallisiert<sup>1)</sup>.

Bringt man trockne Katechusäure in eine mit Ammoniak gefüllte Glocke, so wird das Gas absorbirt, und die Säure geht mit demselben eine Verbindung ein, die indes so wenig Bestand hat, dass ihr ganzer Alkal Gehalt fortgeht, wenn man sie in ein Vacuum bringt oder sie erwärmt. Nachdem die Säure mit Ammoniakgas behandelt, und von diesem im luftleeren Raum wieder befreit worden ist, löst sie sich noch in kaltem Wasser; allein einige Augenblicke hernach geht sie in ihren früheren Zustand zurück und fällt in Gestalt eines weissen Pulvers zu Boden. Lässt man zu den Verbindungen der Säure mit Alkalien Luft hinzutreten, so fangen sie bald an, unter Absorption von Sauerstoff, sich zu verändern, werden erst roth und dann schwarz. In dem Folgenden werde ich diese neugebildete Säure näher betrachten.

Die Katechusäure giebt keinen Niederschlag mit Leimlösung. Essigsaurer Kalk wird mit weisser Farbe

1) Dieser Versuch muss bei Ausschluss der Luft geschehen, am besten in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas, weil sonst die Säure sich zersetzt und in eine andere Säure umwandelt, von der weiterhin mehr.

gefällt. Der Niederschlag löst sich nicht in Wasser, nicht einmal in warmem, fängt aber bald an, wie alle Verbindungen der Katechusäure, sich bei Zutritt der Luft zu färben.

*Essigsaurer Baryt* wird weder von der freien, noch von der mit Ammoniak gesättigten Säure gefällt. *Essigsaurer Kupferoxyd* wird nicht von der freien Säure gefällt; aber die Lösung wird braun, und scheint in denselben Zustand überzugehen, wie unter Luftpzutritt bei Behandlung mit ätzendem Kali. Setzt man Ammoniak zu der sauren Flüssigkeit, so entsteht sogleich ein dunkelbrauner Niederschlag. Fällt man essigsaurer Kupferoxyd mit einer warmen Lösung von Katechusäure, so bildet sich sogleich der braune Niederschlag, der bald in Schwarz übergeht.

*Salpetersaurer Silberoxyd* wird nicht von der freien Säure gefällt; allein setzt man auch noch so wenig Ammoniak hinzu, so entsteht sogleich ein schwarzer Niederschlag. Denselben Niederschlag erbält man auch, wenn die Lösung der Katechusäure warm ist. Er löst sich weder in verdünnter Salpetersäure, noch in ätzendem Ammoniak.

*Chlorgoldkalium* wird von freier Katechusäure mit rothbrauner Farbe gefällt, und der Niederschlag löst sich mit schön gelber Farbe in mehr Wasser. In der Wärme wird Gold reducirt und mit lichter Farbe gefällt. *Chlorplatinat* wird nicht von der Säure gefällt; aber die Lösung wird gelb, und in der Wärme reducirt sich Platin, obwohl langsam, und dabei fällt mit dem Platin ein flockiger, brauner Stoff in geringer Menge nieder<sup>1)</sup>.

*Essigsaurer Bleioxyd* wird von der freien Säure mit weißer Farbe gefällt. Der Niederschlag löst sich

1) Alle diese Metallreduktionen von Kupfer-, Silber-, Gold- und Platinsalzen scheinen die Säure in dieselbe Säure umzuwandeln, welche man erhält, wenn die Verbindungen der ersteren mit Alkalien sich unter Zutritt der Luft oxydiren.

allmälig, wenn man ihn auf dem Filtrum lange wäscht, und an der Luft wird er schnell gelb, weshalb er möglichst rasch ausgepresst, und sodann über Schwefelsäure im luftleeren Raum getrocknet werden muss.

Dieses Salz, obwohl es sich unmöglich vollkommen weiss und rein erhalten ließ, war doch das einzige, welches zur Bestimmung des Sättigungsvermögens der Säure angewandt werden konnte. 0,4233 Grm. katechusaures Bleioxyd wurden verbrannt; das gemeinsame Gewicht vom Bleioxyd und metallischem Blei betrug 0,1882 Grm. Hieron waren 0,0460 metallisches Blei. Nach diesem Versuch ist das Sättigungsvermögen der Säure = 5,93, und deren Atomgewicht = 1683,94.

Einen Verbrennungsversuch mit Kupferoxyd mit einem Salze vorzunehmen, welches unmöglich im Zustande vollkommner Reinheit zu erhalten war, schien mir nicht der Mühe werth, und deshalb stellte ich denselben mit der freien Säure an, welche nicht schwer farblos zu erhalten ist.

0,4380 Grm. Katechusäure gaben 0,9905 Grm. Kohlensäure und 0,1862 Grm. Wasser. Dies entspricht:

Kohle	62,53
Wasserstoff	4,72
Sauerstoff	32,75.

Geht man bei der Rechnung von der Analyse des katechusauren Bleioxyds aus, und nimmt an, dass die mit Kupferoxyd verbrannte Säure ein Atom Wasser enthalte, so findet man die wasserhaltige Säure zusammengesetzt nach der Formel  $C^{15}H^{12}O^6$ , nach welcher sie in Procenten enthalten würde:

Kohle	62,94
Wasserstoff	4,11
Sauerstoff	32,95.

Das Bleisalz würde demnach kein chemisch gebundenes Wasser enthalten.

Das Atomgewicht der berechneten wasserfreien Säure

$C^{15}H^{10}C^5$  ist 1708,96, und folglich 25,02 höher als das durch Analyse des katechusauren Bleioxyds gefundene. Wenn man indefs erwägt, dass dies Salz niemals rein erhalten werden kann, und dieses sich auf Kosten der Luft in ein anderes Salz verwandelt, deren Säure das Atomgewicht = 1367,17 besitzt, so wird man die Richtigkeit der hier für die Katechusäure aufgestellten Formel zugeben:

die wasserfreie Katechusäure ist also =  $C^{15}H^{10}O^5$

die aus Wasser abgesetzte =  $C^{15}H^{10}O^5 + H_2O$

#### Japonsäure.

Behandelt man die Katechusäure, unter Zutritt der Luft, mit ätzendem Kali, so fängt die Lösung bald an ihre Farbe zu verändern; anfangs wird sie rosenroth, dann bald hochroth, dunkelroth und zuletzt schwarz. Dass dabei Sauerstoff aus der Luft absorbirt werde, findet man leicht, wenn man ein wenig Katechusäure in eine über Quecksilber mit Sauerstoffgas gefüllte und am Boden eine Schicht von Aetzkalilauge enthaltende Glasglocke bringt. Wie viel Sauerstoff dabei absorbirt werde, habe ich nicht direct ermittelt, aber man kann dies leicht aus der Zusammensetzung der beiden Säuren berechnen. Ist ätzendes Kali im Ueberschuss und zugleich auch Wärme angewandt, so geht die Umwandlung der Katechusäure schneller vor sich. Mit Ammoniak tritt dieselbe Umwandlung ein. Zu den folgenden Versuchen habe ich immer ätzendes Kali angewandt, und mit einem Ueberschuss desselben und in der Wärme die Katechusäure unter vollem Zutritt der Luft mehre Tage lang behandelt. Die alkalische Flüssigkeit wurde darauf mit Essigsäure in Ueberschuss behandelt, dann fast zur Trockne abgedunstet und darauf mit Weingeist übergossen, welcher das essigsaure Kali löste und ein saures Kalisalz zurückließ. Dies war saures japonaures Kali, welches, zu seiner Reinigung, mehrmals mit Weingeist gewaschen werden musste.

Um die Säure aus dem japonsauren Kalisalze zu erhalten, löst man es in Wasser auf und setzt Salzsäure in möglichst geringem Ueberschuss hinzu, wobei die Säure sich ausscheidet und nur unbedeutend sich löst im Wasser; wendet man Salzsäure in grösserem Ueberschuss an, so löst sich mehr Japonsäure. Die Japonsäure ist schwarz und löst sich nur unbedeutend in kaltem Wasser, fast gar nicht, wenn sie zuvor streng getrocknet worden. Frisch bereitet und noch feucht, löst sie sich stärker in warmem Wasser, und setzt sich beim Erkalten in Gestalt von schwarzen Körnern daraus ab. Ihre Lösung in Wasser röthet Lackmuspapier. Sie ist unlöslich in Weingeist. Von Essigsäure wird sie nicht aus ihren Lösungen gefällt; aber wenn das neutrale Kalisalz mit überschüssiger Essigsäure eingetrocknet wird, so verwandelt es sich in das saure. Die Salze der Japonsäure krystallisiren nicht, sondern trocknen zu harten und gestaltlosen Massen ein. Das neutrale Kalisalz erhält man, wenn man das saure in sehr concentrirtem Zustand mit ätzendem Kali kocht und das überschüssige Kali mit Weingeist auszieht. Das japonsaure Kali giebt schwarze, voluminöse, in verdünnter und kalter Salpetersäure nicht lösliche Niederschläge mit Chlorbarium, Chlорcalcium, Chloraluminium, Chlorberyllium und Chloryttrium. Mit schwefelsaurem Kupferoxyd giebt es einen tief dunkelgrünen Niederschlag, mit salpetersaurem Silberoxyd dagegen einen schwarzen; letzterer erweist sich bei langem Auswaschen etwas löslich im Wasser, wird, nach Trocknen bei  $100^{\circ}$ , von Salzsäure nicht zersetzt, wohl aber von ätzendem Kali, welches die Säure auszieht und Silberoxyd hinterlässt.

*Sättigungsvermögen und Zusammensetzung der Japonsäure.* 0,487 Grm. sauren japonsauren Silberoxyds hinterlassen, nach Fortbrennung der Säure, 0,157 Grm. metallischen Silbers, welches, bei zwei Atomen Säure, einem Sättigungsvermögen von 3,648, und bei einem Atom

Säure, einem von 7,296 entspricht. Hienach würde das doppelte Atomgewicht der Säure 2740,9, und das einfache 1370,4.

0,987 Grm. von neutralem japonsauren Silberoxyd hinterliessen 0,476 Grm. Silber; dies giebt das Atomgewicht des Silbers = 1351,0. — Das Silbersalz war durch Fällung des neutralen japonsauren Kalis mit salpetersaurem Silberoxyd bereitet; allein da das Kalißalz, zufolge seiner Bereitung, schwerlich von eingemengtem kohlensauren Kali frei erhalten werden kann, so mag dieser Versuch eher zum Beweise dienen, dass das vorhergehende Salz ein saures war, als dass das daraus bestimmte Atomgewicht auf Genauigkeit Anspruch machen könnte.

1,0125 Grm. sauren japonsauren Silberoxyds gaben 1,605 Grm. Kohlensäure und 0,225 Grm. Wasser, entsprechend:

	Versuch.	Rechnung.
Kohle	67,04	67,09
Wasserstoff	3,77	3,65
Sauerstoff	29,19	29,26.

Die Rechnung ist nach der Formel, dass das Salz  $\text{AgC}^{2+}\text{H}^{1+}\text{O}^8$ , oder, wenn man  $\text{C}^{1+}\text{H}^0\text{O}^4 = \bar{J}$  setzt, nach der  $\text{Ag}\bar{J}^2$  geführt; das aus ihr sich ergebende Atomgewicht der Säure ist 1367,16, und das Sättigungsvermögen derselben oder das Viertel ihres Sauerstoffgehalts ist = 7,32.

0,4484 Grm. Japonsäure gaben 1,0085 Grm. Kohlensäure und 0,1720 Wasser entsprechend:

	Versuch.	Rechnung.
Kohle	62,19	61,99
Wasserstoff	4,26	4,22
Sauerstoff	33,55	33,79.

Die Rechnung ist nach der Formel  $\text{C}^{1+}\text{H}^0\text{O}^4 + \ddot{\text{H}}$

geföhrt, welche ein Atom Wasser auf ein Atom wasserfreier Säure andeutet.

#### Rubinsäure.

Löst man Katechusäure in kohlensaurem Kali, und läßt die Lösung, ohne Mithülfe von Wärme, an der Luft stehen, so wird sie roth und trocknet zu einer unkristallinischen harten Masse ein, welche sich sehr träge in Wasser löst. Diese ist nun rubinsaures Kali, gemengt mit überschüssig zugesetztem kohlensauren Kali. Wendet man Wärme beim Abdunsten an, so schwärzt sich die Lösung allmäßig, und enthält dann japonsaures Kali, weshalb alle Abdunstungen, bei denen Rubinsäure zugegen ist, freiwillig oder im luftleeren Raume über Schwefelsäure geschehen müssen. Das eingetrocknete rubinsaure Kali wird, möglichst fein gepülvert, in Wasser eingerührt, welches eine längere Zeit bedarf, um sich ganz damit zu sättigen. Das Gelöste, vom Ungelösten abfiltrirt, wird mit Essigsäure versetzt, um die Kohlensäure des überschüssig zugesetzten kohlensauren Kalis auszutreiben, wobei diese mit Aufbrausen fortgeht, und auch etwas Rubinsäure, wenn die Essigsäure in Ueberschuss zugesfügt ist. Die Lösung wird von der gefällten Rubinsäure möglichst schnell abfiltrirt (weil diese bei Zutritt der Luft allmäßig in Japonsäure übergeht), und dann mit starkem Weingeist gefällt; dabei fällt das rubinsaure Kali nieder und in der Lösung bleibt essigsaurer Kali zurück, schwach rubinroth gefärbt durch eine geringe Portion von zugleich aufgelöstem rubinsaurem Salz. Das rubinsaure Kali wird zur Abscheidung des anhaftenden essigsauren Kalis einige Male mit Weingeist gewaschen. Es fällt Erd- und Metallsalze mit rother Farbe, und die Niederschläge lösen sich etwas beim Auswaschen, nachdem sie von dem hinzugesetzten Erd- oder Metallsalze größtentheils befreit worden sind.

*Sättigungsvermögen und Zusammensetzung der Ru-*

Säure, einem von 7,296 entspricht. Hienach würde das doppelte Atomgewicht der Säure 2740,9, und das einfache 1370,4.

0,987 Grm. von neutralem japonsauren Silberoxyd hinterliessen 0,476 Grm. Silber; dies gibt das Atomgewicht des Silbers = 1351,0. — Das Silbersalz war durch Fällung des neutralen japonsauren Kalis mit salpetersaurem Silberoxyd bereitet; allein da das Kalißalz, zufolge seiner Bereitung, schwerlich von eingemengtem kohlensauren Kali frei erhalten werden kann, so mag dieser Versuch eher zum Beweise dienen, dass das vorhergehende Salz ein saures war, als dass das daraus bestimmte Atomgewicht auf Genauigkeit Anspruch machen könnte.

1,0125 Grm. sauren japonsauren Silberoxyds gaben 1,605 Grm. Kohlensäure und 0,225 Grm. Wasser, entsprechend:

	Versuch.	Rechnung.
Kohle	67,04	67,09
Wasserstoff	3,77	3,65
Sauerstoff	29,19	29,26.

Die Rechnung ist nach der Formel, dass das Salz  $\text{AgC}^{2+}\text{H}^{1+}\text{O}^8$ , oder, wenn man  $\text{C}^{12}\text{H}^8\text{O}^4 = \bar{J}$  setzt, nach der  $\text{Ag}\bar{J}^2$  geführt; das aus ihr sich ergebende Atomgewicht der Säure ist 1367,16, und das Sättigungsvermögen derselben oder das Viertel ihres Sauerstoffgehalts ist = 7,32.

0,4484 Grm. Japonsäure gaben 1,0085 Grm. Kohlensäure und 0,1720 Wasser entsprechend:

	Versuch.	Rechnung.
Kohle	62,19	61,99
Wasserstoff	4,26	4,22
Sauerstoff	33,55	33,79.

Die Rechnung ist nach der Formel  $\text{C}^{12}\text{H}^8\text{O}^4 + \dot{\text{H}}$

geführt, welche ein Atom Wasser auf ein Atom wasserfreier Säure andeutet.

Rubinsäure,

Löst man Katechusäure in kohlensaurem Kali, und lässt die Lösung, ohne Mithilfe von Wärme, an der Luft stehen, so wird sie roth und trocknet zu einer unkristallinischen harten Masse ein, welche sich sehr träge in Wasser löst. Diese ist nun rubinsaures Kali, gemengt mit überschüssig zugesetztem kohlensauren Kali. Wendet man Wärme beim Abdunsten an, so schwärzt sich die Lösung allmälig, und enthält dann japonsaures Kali, weshalb alle Abdunstungen, bei denen Rubinsäure zugegen ist, freiwillig oder im luftleeren Raume über Schwefelsäure geschehen müssen. Das eingetrocknete rubinsaure Kali wird, möglichst fein gepülvert, in Wasser eingerührt, welches eine längere Zeit bedarf, um sich ganz damit zu sättigen. Das Gelöste, vom Ungelösten abfiltrirt, wird mit Essigsäure versetzt, um die Kohlensäure des überschüssig zugesetzten kohlensauren Kalis auszutreiben, wobei diese mit Aufbrausen fortgeht, und auch etwas Rubinsäure, wenn die Essigsäure in Ueberschuss zugefügt ist. Die Lösung wird von der gefällten Rubinsäure möglichst schnell abfiltrirt (weil diese bei Zutritt der Luft allmälig in Japonsäure übergeht), und dann mit starkem Weingeist gefällt; dabei fällt das rubinsaure Kali nieder und in der Lösung bleibt essigsaures Kali zurück, schwach rubinroth gefärbt durch eine geringe Portion von zugleich aufgelöstem rubinsaurem Salz. Das rubinsaure Kali wird zur Abscheidung des anhaftenen essigsäuren Kalis einige Male mit Weingeist gewaschen. Es fällt Erd- und Metallsalze mit rother Farbe, und die Niederschläge lösen sich etwas beim Auswaschen, nachdem sie von dem hinzugesetzten Erd- oder Metallsalze größtentheils befreit worden sind.

*Sättigungsvermögen und Zusammensetzung der Ru-*

*binsäure.* 0,530 Grm. rubinsauren Silberoxyds hinterlassen 0,188 Grm. metallischen Silbers. Dieses gibt das Sättigungsvermögen = 4,215 und das Atomgewicht = 2358,7. — 0,2075 Grm. Silbersalz hinterlassen 0,07375 Grm. Silber; hienach ist das Sättigungsvermögen = 4,18 und das Atomgewicht 2351,2.

0,373 Grm. Silbersalz, mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,493 Grm. Kohlensäure und 0,071 Grm. Wasser, entsprechend:

	Versuch.	Rechnung.
Kohlenstoff	59,12	58,53
Wasserstoff	3,42	3,19
Sauerstoff	37,46	38,28.

Die Rechnung ist nach der Formel  $O^{18}H^{12}O^9$  geführt, welche überdies das Atomgewicht = 2350,75 gibt.

Um die freie Säure zu untersuchen und zu erfahren, ob sie chemisch gebundenes Wasser enthalte oder nicht, wurde eine Lösung des rubinsauren Kalis mit Salzsäure gefällt, die dabei niedergefallene Säure auf einem Filtrum gewaschen und getrocknet, erst im Vacuo über Schwefelsäure, und dann in Berzelius's Trockenapparat. Darauf mit Kupferoxyd verbrannt, gaben 0,298 Grm. Säure an Kohlensäure 0,667 Grm. und an Wasser 0,108 Grm., entsprechend:

Kohlenstoff	61,89
Wasserstoff	4,21
Sauerstoff	33,90.

Diese Zusammensetzung stimmt fast vollkommen mit der wasserhaltigen Japonsäure, was beweist, dass die Rubinsäure für sich, im ungebundenen Zustand, nicht bestehen kann, sondern dass sie auf Kosten der Luft in dieselbe Säure übergeht, welche die Katechusäure bei Behandlung mit ätzendem Kali an der Luft und in der Wärme liefert.

---

Behandelt man Katechusäure mit sehr schwachem Königswasser, so geht sie in ein rostgelbes Pulver über, dessen Eigenschaften ich zwar noch nicht kenne, das aber bestimmt ein von dem oben angeführten verschiedener Stoff ist. Wenn man ferner Katechusäure in so vielem Wasser auflöst, daß sich beim Erkalten nichts daraus absetzt, die Lösung mehre Wochen lang an der Luft stehen läßt, und sie endlich in der Wärme abdunstet, so trocknet sie zu einer rothen, zersprungenen, extractartigen Masse ein, welche sich mit Leichtigkeit in Wasser löst. Sie kann also nicht Rubinsäure seyn; allein ihre Eigenschaften und Zusammensetzung habe ich bisher noch nicht untersucht.

Da es immer Interesse hat, zu untersuchen, in wiefern organische Substanzen einen Zusammenhang in ihrer Zusammensetzung zeigen, so erlaube ich mir Folgendes hinzuzufügen. Es kann repräsentirt werden:

wasserfreie Katechusäure durch  $5(C^3H^2) + 5O$

wasserfreie Japonsäure  $4(C^3H^2) + 4O$

Metagallussäure (nach Pelouze)  $2(C^3H^2) + 2O$ .

Hieran schließt sich, was das erste

Glied betrifft, die Rubinsäure  $6(C^3H^2) + 9O$   
und, nach Liebig, die

Metamekonsäure  $4(C^3H^2) + 10O$ .

### XVIII. Ueber eine neue Verbindung der wasserfreien Schwefelsäure mit der wasserfreien schweflichten Säure; von Heinrich Rose.

Durch Behandlung der wasserfreien Schwefelsäure mit gasförmiger trockner schweflichter Säure erhielt ich eine dünnflüssige Flüssigkeit, welche äußerst stark nach schwef-

lichter Säure roch, und sich beim Zutritt der Luft unter starkem Rauche gänzlich verflüchtigte.

Diese Flüssigkeit ist eine Verbindung von Schwefelsäure und schweflichter Säure in einem bestimmten Verhältnisse, beide im wasserfreien Zustande. Die Bereitung derselben gelingt nur unter gewissen Vorsichtsmaßregeln; es ist besonders jede Spur von Feuchtigkeit zu vermeiden, denn sonst zersetzt sich die Verbindung, wenn sie sich schon gebildet hat, äußerst leicht, und ist eine Spur Feuchtigkeit vor ihrer Entstehung in einem der beiden Bestandtheile enthalten, so wird dieselbe ganz und gar verhindert.

Ich habe deshalb das Gas der schweflichten Säure zuerst in eine erkältete Vorlage geleitet, und dann durch eine, wenigstens 4 Fuß lange Röhre, welche mit frisch geglühtem Chlorcalcium angefüllt war. Aus dieser strömte es sehr langsam in ein Glas, welches die wasserfreie Schwefelsäure enthielt, und das durch einen Kork verschlossen war, durch welchen die Röhre gebracht wurde, die das Gas der schweflichten Säure hinzuleitete. Das Glas wurde nur bis ungefähr zum Frostpunkt des Wassers und nicht stärker erkältet, damit die entstehende Verbindung nicht freie condensirte schweflichte Säure enthalten könnte. Hatte sich eine gewisse Menge der Flüssigkeit gebildet, so wurde sie sogleich von der festen überschüssigen Schwefelsäure in ein kleines Glas abgegossen, und sogleich zur Untersuchung angewandt.

Die Röhre mit Chlorcalcium konnte nur zu einer Bereitung angewandt werden; das Salz musste, wenn es wieder gebraucht werden sollte, von Neuem gebrannt werden. Hatte sich eine gewisse Menge der Verbindung, ungefähr einige Grammen, gebildet, so hörte die Bildung einer ferneren Menge aus dem Grunde ganz auf, weil das Chlorcalcium in der Röhre die schweflichte Säure nicht mehr so wie im Anfange der Operation vollkommen trocknete.

Die erhaltene Flüssigkeit riecht außerordentlich stark in Berührung mit Luft, und riecht dabei sehr stark nach schweflicher Säure. Ich habe sie immer von bräunlicher Farbe erhalten: doch ist diese der Verbindung nicht wesentlich, sondern sie ist farblos, und die Färbung röhrt vom Korke her, mit welchem bei der Bereitung das Glas mit der Schwefelsäure verschlossen ist. Die Flüssigkeit ist so flüchtig, dass sie in Berührung mit Luft sehr bald sich verflüchtigt, und dabei nur manchmal eine höchst geringe Menge wässriger Schwefelsäure zurücklässt. Diese grosse Flüchtigkeit, so wie die leichte Zersetzung der Verbindung, verhinderte auch ganz und gar, dass man sie, wie andere, minder flüchtige und zersetzbare Flüssigkeiten, in eine kleine Glaskugel mit langem Halse und ausgezogener Spitze auf die Weise bringen kann, dass man die Kugel erwärmt und die Spitze in die Flüssigkeit taucht. Nach gänzlicher Erkaltung der Kugel steigt die Verbindung nicht in dieselbe, weniger weil ihr eigener Dampf das Hineintreten verhindert, als vorzüglich wohl, weil sie im verdünnten Raume der Kugel sich zersetzt und schweflichtsaures Gas entwickelt hat. Dies ist auch die Ursache, weshalb es nicht möglich ist, das specifische Gewicht des Dampfes dieser Verbindung zu bestimmen.

Wird eine auch nur sehr geringe Menge Wasser mit der Flüssigkeit in Berührung gebracht, so entsteht sogleich ein starkes Aufbrausen und Entweichung von schweflicher Säure. Die Verbindung wird durch geringe Menge von Wasser ganz zersetzt. Schon wenn man sie in ein Glas bringt, das nur so wenig feucht ist, dass man keinen Hauch an den Wänden desselben bemerkt, so geschieht schon ein leichtes Brausen und eine Zersetzung; dies ist der Grund, weshalb bei der Bereitung jede Spur von Feuchtigkeit auf's Sorgfältigste vermieden werden muss, weil durch diese die Entstehung derselben ganz verhindert wird. Setzt man viel Wasser hinzu, so entsteht ein

starkes Kochen durch die plötzliche Entwicklung von schweflicher Säure.

Leitet man trocknes Ammoniakgas in die Flüssigkeit, so erhält man eine Mengung von wasserfreiem schwefelsaurer und schweflichtsaurem Ammoniak. Das erhaltene Product ist von gelblicher Farbe und löst sich im Wasser auf; die Auflösung, mit Chlorwasserstoffsaure versetzt, entwickelt schweflichte Säure, giebt aber keinen Niederschlag von Schwefel, welcher erst erfolgt, wenn die Flüssigkeit gekocht wird. Mit salpetersaurer Silberoxydauflösung erfolgt darin eine Fällung, die erst weiss ist, dann gelb, braun, und endlich, besonders schnell durch's Kochen, schwarz wird. Es sind dies die Eigenschaften einer Verbindung von trockner schweflicher Säure und Ammoniak, die ich früher beschrieben hatte<sup>1)</sup>. Mit einer Auflösung von Chlorstrontium erfolgt ein Niederschlag von schwefelsaurer Strontianerde, erzeugt durch die Schwefelsäure, welche die Auflösung des wasserfreien schweflichtsauren Ammoniaks durch die Einwirkung des Chlorstrontiums bildet; wird dieser Niederschlag abfiltrirt, so erfolgt in der abfiltrirten Flüssigkeit durch Kochen von Neuem ein Niederschlag von schwefelsaurer Strontianerde, was eine Eigenschaft der Auflösung des wasserfreien schwefelsauren Ammoniaks ist<sup>2)</sup>.

Bei der Analyse dieser Verbindung gelang es mir nur die Menge der Schwefelsäure genau zu bestimmen, nicht aber die der schweflichten Säure, obgleich ich dies auf mehrere Weisen versuchte.

Eine gewogene Menge der Verbindung, in einer sehr kleinen Flasche mit Glasstopfen abgewogen, wurde durch rauchende Salpetersäure auf die Art oxydiert, dass bei der heftigen Einwirkung kein Verlust entstehen konnte. Die Salpetersäure befand sich in einer geräumigen Flasche,

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXIII S. 235.

2) Ebendaselbst, XXXII S. 81.

die durch einen eingeriebenen Glasstopfen luftdicht verschlossen werden konnte. In diese wurde die kleine Flasche ohne Stöpsel mit der gewogenen Verbindung, an einem Platindraht befestigt, schnell gebracht, doch so, dass nicht die Flüssigkeiten selbst, sondern nur ihre Dämpfe auf einander wirken konnten, und darauf die grosse Flasche sogleich verschlossen. Nach einiger Zeit schüttete ich diese behutsam, doch so, dass nur etwas von der Verbindung in der kleinen Flasche aus derselben herausfließen und sich mit der Salpetersäure mengen konnte, wobei immer eine sehr starke Einwirkung, doch nie eine Feuererscheinung entstand. Es bildete sich, wenn umgekehrt etwas Salpetersäure in die kleine Flasche durch's Umschütteln kam, ein krystallinischer Anflug, den ich nicht näher untersucht habe, der aber vielleicht von der nämlichen Beschaffenheit seyn kann, wie der, welcher sich oft bei Bereitung des englischen Vitriolöls erzeugt, und aus Schwefelsäure und salpetrichter Säure und etwas Wasser besteht. — Nachdem die Menge der Substanz und der Salpetersäure vollständig geschehen war, wurde dieselbe mit Wasser verdünnt, und mit einer Auflösung von Chlorbaryum versetzt.

Aus der Menge der Schwefelsäure, welche in der gefundenen schwefelsauren Baryterde enthalten war, konnte ich leicht das relative Verhältniss der Schwefelsäure und der schweflichten Säure in der Verbindung berechnen, denn was erstere mehr an Gewicht betrug als letztere konnte nur in Sauerstoff bestehen, den die Verbindung aufgenommen hatte. Aber bei zwei Versuchen, welche mit gleicher Genauigkeit angestellt waren, erhielt ich in der schwefelsauren Baryterde weniger Schwefelsäure, als ich an Gewicht von der Verbindung genommen hatte; ein Beweis, dass offenbar nur ein Theil der schweflichten Säure durch die Salpetersäure zu Schwefelsäure oxydiert worden war.

Im ersten Versuche gaben 2,237 Grm. der Verbin-  
Poggendorff's Annal. Bd. XXXIX.

dung 5,633 Grm. schwefelsaurer Baryterde, die 1,936 Grm. Schwefelsäure enthalten, was 82,08 Proc. von der angewandten Verbindung beträgt.

Im zweiten Versuche erhielt ich durch 1,250 Grm. der Verbindung von einer anderen Bereitung 3,443 Grm. schwefelsaurer Baryterde, in welcher sich 1,1834 Grm. Schwefelsäure befinden, entsprechend 94,67 Proc. von der angewandten Verbindung.

Die so sehr geringe Uebereinstimmung zeigt deutlich, dass sie nur durch die Methode herröhrt, und dass die in der Verbindung nur lose gebundene schweflichte Säure durch rauchende Salpetersäure lange nicht vollständig zu Schwefelsäure oxydirt wird. Vielleicht wäre es durch eine mehr wasserhaltige Salpetersäure bewirkt worden, weil diese bei der Bereitung des englischen Vitriolöls die schweflichte Säure in Schwefelsäure umwandeln kann; doch zu einer quantitativen Untersuchung schien auch sie mir nicht passend. — Uebrigens roch die mit Wasser verdünnte, durch Salpetersäure oxydirte Verbindung nicht nach schweflichter Säure.

Dass die Salpetersäure die schweflichte Säure in der Verbindung nicht vollständig oxydirt, zeigte sich durch den Erfolg eines dritten Versuchs, bei welchem ich die mit rauchender Salpetersäure oxydirte Verbindung mit einer gewogenen Menge frisch ausgeglühten Bleioxyds vermischt, das Ganze zur Trockniß abdampfte und die trockne Masse glühte. Ich erhielt aus 1,613 Grm. der Verbindung, mit rauchender Salpetersäure behandelt und mit 10,739 Grm. Bleioxyd gemischt, eine geglühte Masse, an Gewicht 12,238 Grm., die 1,499 Grm. Schwefelsäure, also 92,93 Proc. der Verbindung entsprechend, enthielt.

Aus diesem Versuch geht hervor, dass der Verlust nicht füglich durch Bildung von Unterschwefelsäure herühren kann.

Noch weit ungenauer waren die Resultate von Ver-

suchen, bei welchen ich die schweflichte Säure in der Verbindung durch eine Goldauflösung zu oxydiren suchte.

Ich wandte dazu eine mit Vorsicht bereitete Auflösung vom Doppelsalze von Chlornatrium und Goldchlorid an. Die Verbindung wurde mit ihr auf ähnliche Weise in Berührung gebracht, wie bei den früheren Versuchen die Salpetersäure mit derselben. Die Mengung wurde ungefähr 24 Stunden beim Ausschlusse der Luft einer mässigen Wärme ausgesetzt. Zwei mit gleicher Sorgsamkeit angestellte Versuche gaben aber so widersprechende Resultate, dass es mir unmöglich wird, die grosse Verschiedenheit derselben zu erklären. Denn aus 1,259 Grm. der Verbindung erhielt ich bei dem einen Versuche nur 0,058 Grm. metallisches Gold, während ich in einem zweiten Versuche aus einer weit geringeren Menge der Verbindung, aus 0,667 Grm. mehr Gold, nämlich 0,196 Grm., bekam.

Die Bestimmungen der Schwefelsäure in der Verbindung gaben weit übereinstimmendere Resultate; ich musste mich mit ihnen begnügen, und die Menge der schweflichen Säure aus dem Verlust berechnen. Die Bestimmung geschah auf die Weise, dass eine Quantität der Verbindung, in einem kleinen Fläschchen mit Glasstopfen abgewogen, in eine grössere Flasche, welche ebenfalls mit einem Glasstopfen verschlossen werden konnte, gebracht wurde. Diese enthielt eine Auflösung von Chlorbaryum, zu welcher freie Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt worden war. Unmittelbar nach Hineinbringung der kleineren Flasche wurde die grosse verschlossen, und durch Umschütteln bewirkt, dass der nur lose aufgesetzte Stopfen der kleinen Flasche von derselben abging, und sich die Verbindung mit der Chlorbaryumauflösung mischen konnte, wobei eine sehr heftige, aber nie gefahrbringende Einwirkung erfolgte. Nachdem die schwefelsaure Baryterde sich gesetzt hatte, wurde sie beim Aus-

schluss der Luft schnell filtrirt und ihrem Gewichte nach bestimmt. Ein Zusatz von Salzsäure zur Chlorbaryumauflösung war durchaus nothwendig, weil sonst die schwefelsaure Baryterde sich nicht gut filtriren ließ, sondern milchicht durch's Filtrum ging.

Ich habe vier verschiedene Quantitäten von vier verschiedenen Bereitungen auf diese Weise analysirt, und Resultate erhalten, welche zwar bei weitem weniger übereinstimmen, als die von minder leicht zersetzbaren Substanzen, die mir indessen, da die Verbindung, wegen ihrer grossen Zersetbarkeit und Flüchtigkeit, weder von überschüssiger schweflichter Säure noch von überschüssiger Schwefelsäure gereinigt werden konnte, übereinstimmender erschienen, als ich sie erwarten konnte. Die Substanz enthielt mehr Schwefelsäure, wenn sie nicht unmittelbar nach der Bereitung analysirt wurde, und sich aus ihr etwas schweflichte Säure entbunden hatte; mehr Schwefelsäure hingegen, wenn dies der Fall war, und sie daher etwas überschüssige freie schweflichte Säure enthalten konnte.

Die Resultate dieser vier Versuche, genau geordnet, je nachdem die Verbindung von älterer oder neuerer Bereitung war, waren folgende:

Gewicht der Verbindung	Gewicht der erhaltenen schwefelsauren Baryterde.	Procente der darin enthaltenen Schwefelsäure.
I. 0,529 Grm.	1,122 Grm.	72,90 Proc.
II. 0,955 -	1,945 -	70,00 -
III. 1,274 -	2,554 -	68,91 -
IV. 2,550 -	5,021 -	67,68 -

Die Verbindung enthält hiernach nicht, wie ich vor der Untersuchung vermutete, schweflichte Säure und Schwefelsäure in dem Verhältnisse, wie man es in der wasserfreien Unterschwefelsäure annehmen kann ( $\ddot{\text{S}} + \ddot{\text{S}}$ ), sondern 2 Atome Schwefelsäure gegen 1 Atom schwef-

lichte Säure ( $2\ddot{S} + \ddot{S}$ ), welche der Berechnung nach im Hundert zusammengesetzt ist aus:

Schwefelsäure	71,42
Schweflichter Säure	28,58
	100,00.

Da die schweflichte Säure die minder starke Säure in der Verbindung ist, also wie der basische Bestandtheil betrachtet werden kann, so ist nach dieser Ansicht die Verbindung wie ein neutrales schwefelsaures Salz zusammengesetzt, in welchem die Schwefelsäure drei Mal so viel Sauerstoff enthält als die Base.

*XIX. Ueber einige Verbindungen einer neuen Säure, bestehend aus Stickstoff, Schwefel und Sauerstoff; von Hrn. J. Pelouze<sup>1</sup>).*

(*Ann. de chim. et de phys. T. LX p. 151.*)

**H.** Davy hat die wichtige Beobachtung gemacht, dass das Salpetergas (Stickstoffoxyd) von einem Gemenge von Kali oder Natron und einem schwefligsauren Alkali absorbiert wird, und dass daraus eine eigenthümliche Substanz entspringt, deren Hauptkennzeichen darin besteht, bei Berührung mit Säuren Stickstoffoxydul zu entwickeln<sup>2</sup>). Davy hielt die Gegenwart des freien Kalis oder Natrons für nothwendig zur Absorption des Stickstoffoxyds durch die schwefligsauren Salze, und da er überdies bemerkte, dass diese neuen Verbindungen durch Säuren nicht Stickstoffoxyd, sondern Stickstoffoxydul entweichen ließen, so

1) Eine vorläufige Notiz von dieser Arbeit findet sich schon *Annalen*, Bd. XXXV S. 528. P.

2) *Revue britannique*, 1802. — *Berzelius, Traité, T. II p. 50.*

betrachtete er sie als gebildet aus diesem letzteren Gase und Alkali, daher er ihnen dann auch den Namen Nitroxide von Kali und Natron gab. Vergebens suchte er analoge Verbindungen mit Ammoniak, Baryt, Strontian und Kalk darzustellen. Um das Verschwinden des Stickstoffoxyds zu erklären, setzte Davy voraus, Kali und Natron, obwohl unfähig das bereits gebildete Gas zu absorbiren, seyen doch fähig es im Entstehungsaugenblick aufzunehmen und sich mit ihm zu verbinden, durch das Spiel der Verwandtschaften, welche dies Salpetergas zersetzen und es in Stickstoffoxydul verwandeln.

Weiter dehnte der berühmte englische Chemiker seine Beobachtungen nicht aus. Die von ihm erhaltenen Salze waren nicht frei von den begleitenden fremdartigen Stoffen, und daher konnte er sie weder analysiren, noch ihre Haupteigenschaften untersuchen.

Wenn man in eine mit Stickstoffoxyd gefüllte Eprouvette, nachdem sie einige Minuten einer Kälte von — 15° bis 20° C. ausgesetzt worden, eine bis zu ihrem Frostpunkt erkaltete wässrige Lösung von schwefligsauren Ammoniak hineinbringt, so nimmt das Gas allmälig an Volum ab; und wenn man von Zeit zu Zeit die Eprouvette aus der Kältemischung zieht und schüttelt bis die gefrorene Masse flüssig geworden ist, man auch diese Operation mehrmals wiederholt, so wird das Stickstoffoxyd vollständig vom schwefligsauren Salze absorbirt, und es bildet sich dadurch ein neues, sehr merkwürdiges Salz, auf welches ich in einem Augenblick wieder zurückkommen werde.

Läßt man das Stickstoffoxyd, statt bei — 15° C., bei Nullgrad, oder besser in gewöhnlicher Temperatur auf das schwefligsaurer Salz einwirken, so ist der Vorgang ein ganz anderer. Das Stickstoffoxyd wird zwar noch vollständig zerstört, allein auch ersetzt durch die Hälfte seines Volums an Stickstoffoxydul, und statt des neuen Salzes erhält man neutrales schwefelsäures Ammoniak.

Ich weiss nicht, dass die Chemie einen einzigen ähnlichen Fall darböte, d. h. ein Beispiel von so verschiedenen Reactionen bei so nahe an einander und so weit in der Thermometerskale nach unten liegenden Temperaturen. Wahrscheinlich wird man in Zukunft noch mehre Thatsachen der Art kennen lernen, und mittelst Kältemischungen dahin gelangen, Verbindungen darzustellen, die, obwohl wenig stabil, doch in ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften sehr bestimmt sind.

Wenn man, nachdem das Stickstoffoxyd vollständig vom schwefligsauren Salz absorbiert ist, die Lösung in gewöhnlicher Temperatur stehen lässt, so zersetzt sich das neue Salz allmälig, lässt reines Stickstoffoxyd entweichen, und die Flüssigkeit enthält nichts als schwefelsaures Ammoniak. Das Volum des neuen Gases findet sich genau halb so gross als das des angewandten Stickstoffoxyds.

Wegen ihrer Instabilität erlaubte die neue Substanz kaum eine gründliche Untersuchung, denn bei Null verwandelt sie sich schon in Stickstoffoxydul und schwefelsaures Ammoniak; in der gewöhnlichen Temperatur zersetzt sie sich rasch, und bei  $+40^{\circ}$  C. mit Ungestüm und heftigem Aufbrausen. Ueberdies ist es, besonders im Sommer, nicht leicht, mit Gasen in Kältemischungen zu experimentiren. Ich musste also eine andere Bereitungsweise ersinnen, und fand sie durch folgende Betrachtung: Das Salz kann das nicht seyn, wofür es Davy gehalten, d. h. keine Verbindung von Stickstoffoxydul und Alkali, denn, weil es möglich ist, sie mit einem neutralen schwefligsauren Salz zu erhalten, so müfste die schweflige Säure, welche durch das Stickstoffoxyd von seiner Basis abgeschieden, und durch die Absorption der Hälfte des Sauerstoffs des letzteren Gases in Schwefelsäure verwandelt wurde, sie unfehlbar zersetzen und daraus eine Entwicklung von Stickstoffoxydul entspringen; allein andererseits hat Davy diese Verbindungen, ob-

wohl unrein, durch Gemenge von schweflighauren Salzen und freiem Alkali erhalten; es muß also dieses Alkali die Stabilität der fraglichen Salze erhöhen, und dadurch wird es wahrscheinlich, daß man sie durch eine Abänderung des Davy'schen Verfahrens rein erhalten werde.»

Wirklich ist dies der Fall. Die Gegenwart eines freien Alkalis verzögert die Zersetzung der besagten Verbindungen in einer merkwürdigen Weise, und liefert zugleich ein Mittel, sie mit Leichtigkeit zu bereiten. Nach einigen Proben, deren Anführung hier unnöthig seyn würde, bin ich bei folgendem Verfahren stehen geblieben, welches mir am besten gelungen ist.

Man macht eine concentrirte Lösung von schweflighaarem Ammoniak, mischt sie mit dem Fünf- bis Sechsfachen ihres Volums an Ammoniakflüssigkeit, und läßt dann mehre Stunden lang Stickstoffoxyd hineinstreichen. Der Versuch läßt sich bequem in einer Woolfschen Flasche anstellen. Das Gas, welches in der ersten Flasche nicht von der Flüssigkeit absorbirt worden, wird es in der zweiten und dritten. Nach und nach setzt sich eine bedeutende Anzahl schöner Krystalle ab, von gleicher Art mit denen, welche in niederer Temperatur mit neutralem schweflighaarem Ammoniak erhalten werden. Man wäscht sie mit zuvor erkalteter Ammoniakflüssigkeit ab, welche, außer dass sie ihre Zersetzung verzögert, den Vorzug hat, sie weniger als Wasser zu lösen. Nachdem die Krystalle getrocknet sind, bringt man sie in eine wohl verschließbare Flasche, wo sie sich dann nicht mehr verändern. Auf ähnliche Weise lassen sich die entsprechenden Salze von Kali und Natron bereiten.

Ehe ich zur Untersuchung dieser neuen Klasse von Körpern übergehe, will ich einen Versuch anführen, der auf ihre Zusammensetzung das hellste Licht wirft.

Läßt man eine starke Lösung von ätzendem Kali in eine graduirte Röhre treten, die ein Gemeng von zwei Volumen Stickstoffoxyd und einem Volume schwefliger

Säure enthält, so findet sich nach einigen Stunden kein Gasrückstand. Steht das Stickstoffoxyd zur schwefligen Säure in einem grösseren Verhältniss als dem von 2 : 1 so bleibt über der Flüssigkeit ein nicht absorbirter Gasrückstand; und andererseits, wenn man weniger als die angezeigte Menge von Salpetergas anwendet, so findet man das neue Salz immer gemischt mit schwefligsaurem Kali. Kurz die beiden Gase, das Stickstoffoxyd und die schweflige Säure, reagiren niemals anders auf einander als in dem Volumenverhältniss 2 : 1.

Leicht kann man sich überzeugen, dass das schwefligsaurer Salz dabei verschwindet, und ersetzt wird durch ein Salz von einer neuen Säure. Denn einerseits wird das rothe schwefelsaure Mangan, in die Reactionsröhre gebracht, nicht zersetzt; und andererseits zeigt eine schwefelsaure Indiglösung, durch ihre Permanenz, die Abwesenheit von salpetersauren und salpetrigsauren Salzen. Und wenn man ein Barytsalz in die Flüssigkeit schüttet, den darin entstandenen Niederschlag sammelt, ihn mehrmals mit Kaliwasser wäscht und darauf mit Salpetersäure behandelt, so löst er sich gänzlich, zum Beweise, dass kein schwefelsaurer Salz gebildet ward.

Diese Versuche, im Verein mit der vollständigen Absorption des Stickstoffoxyds durch ein neutrales schwefligsaurer Salz bei einer Kälte von — 15° C. lassen mir keinen Zweifel an der Zusammensetzung dieser neuen Salze übrig. Zwei Volume schwefliger Säure reagiren nämlich auf vier Volumen Stickstoffoxyd und ein Atom Alkali (Kali, Natron oder Ammoniak) und erzeugen dadurch eine neue Säure, bestehend aus zwei Atomen Stickstoff, einem Atom Schwefel und vier Atomen Sauerstoff. Diese Vermuthung ist durch die directe Analyse der Salze bestätigt worden. Ich nenne diese Säure *Stickschwefelsäure (Acide nitrosulfurique)* und ihre Salze *stickschwefelsaure (Nitrosulfates)*.

### Stickschwefelsaures Ammoniak.

Das stickschwefelsaure Ammoniak ist ein weisses Salz von stechendem und schwach bitterem Geschmack, der nichts mit dem der schwefligen Sauren Salze gemein hat. Es ist ohne Wirkung auf rothes oder blaues Lackmuspapier, krystallisiert in mehr oder weniger abgeplatteten Prismen mit rhombischer Basis und verschiedenartiger Zuspitzung.

Es ist unlöslich in Alkohol, heilsem wie kaltem, leichtlöslich in Wasser, und darin sich zersetzend, desto rascher, je höher die Temperatur; das Wasser enthält dann schwefelsaures Ammoniak, während Stickstoffoxydulgas entweicht. Alkohol fällt die wässrige Lösung dieses Salzes. Bei  $110^{\circ}$  C. hält es sich noch, allein ein wenig darüber zersetzt es sich mit einer Explosion, herührend von einer raschen Entwicklung des Stickstoffoxyduls. Auf glühende Kohlen geworfen, verbrennt es mit Funkensprühen.

Alle Säuren entwickeln daraus sogleich Stickstoffoxydul und führen es in schwefelsaures Ammoniak über; mit gasförmiger Kohlensäure geschieht diese Zersetzung langsam, rasch dagegen mit der in Wasser gelösten.

Ich sagte vorhin, daß alle Alkalien die Stabilität der Nitrosulfate erhöhten; dies findet indes bei dem des Ammoniaks nur bis zu einem gewissen Grade statt. Dieses Salz, mit concentrirtem Aetzammoniak versetzt, zersetzt sich noch sehr sichtlich, wiewohl weit langsamer als in reinem Wasser, und giebt überdies dieselben Producte.

Diese Zersetzung stimmt wohl mit dem überein, was man beobachtet, wenn man ein Gemeng von zwei Volumen Stickstoffoxyd und einem Volume schwefliger Säure in eine Glocke mit Ammoniakflüssigkeit bringt. Die Absorption ist hiebei nie vollständig, wie sie es beim Kali ist; beständig hat man einen Rückstand von Stickstoffoxydulgas, und wenn man durch das von mir angezeigte Verfahren stickschwefelsaures Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur erhält, so röhrt dies davon her, daß die

Bildung desselben rascher vor sich geht als seine Zersetzung. Man sieht daraus die Möglichkeit, daß ein Körper innerhalb einer gewissen Zeit in derselben Temperatur sich bilden und halten kann, in welcher er sich zerstzt.

Die ausnehmende Beweglichkeit der Elemente des stickstoffsauren Ammoniaks, und die Stabilität, welche ihm die Alkalien geben, ließen es mich nicht für unmöglich halten, daß dieses Salz Zersetzungerscheinungen von gleicher Ordnung wie die zeigen würde, welche Hr. Thénard beim oxydirtten Wasser beobachtet bat. Und wirklich ist dem so. Viele Körper, welche das Wasserstoffhyperoxyd zersetzen, ohne etwas aufzunehmen oder abzugeben, zersetzen eben so die stickstoffsauren Salze. Platinschwamm, Silberoxyd, metallisches Silber, Kohlenpulver, Manganoxyd gehören hieher; vor allem die beiden ersten Körper wirken mit außerordentlicher Schnelligkeit auf das stickstoffsaure Ammoniak.

Ich habe mich überzeugt, daß diese merkwürdige Erscheinung, wie bei dem oxydirtten Wasser, von einer Wirkung der Gegenwart (*action de présence*) herrührt, und daß niemals etwas anderes entsteht als eine bloße Umwandlung des stickstoffsauren Ammoniaks in Stickstoffoxydul und schwefelsaures Ammoniak. Das Silberoxyd wird nicht reducirt, denn wenn man es wäscht nachdem es eine große Menge des Salzes zersetzt hat, löst es sich gänzlich in Salpetersäure, ohne Entwicklung röthlicher Dämpfe.

Es war interessant zu versuchen, ob man durch Hineinschüttung von stickstoffsaurem Ammoniak in Salze mit in Wasser unlöslichen Oxyden als Basen, Metall-Nitrosulfate erhalten werde. Ich stellte die Versuche mit zuvor bis auf einige Grade unter  $0^{\circ}$  erkalteten Flüssigkeiten an, und erhielt dabei folgende Resultate: Quecksilberchlorid, schwefelsaures Zink-, Kupfer- und Eisenoxyd, salpetersaures Quecksilberoxydul und Silberoxyd,

und Chromchlorür, erzeugten, durch Entweichen von Stickstoffoxydul, ein lebhaftes Aufbrausen, und zugleich bildete sich schwefelsaures Ammoniak, welches sich, ohne Trübung zu verursachen, mit diesen Lösungen mischte. Mit essigsaurem Bleioxyd fand auch ein Aufbrausen statt, aber auch Bildung von schwefelsaurem Bleioxyd.

Es würde gewifs schwer seyn, die wahrscheinliche Ursache dieser sonderbaren Erscheinungen aufzufinden; allein gerade weil sie gegenwärtig unerklärbar sind, scheinen sie mir die Aufmerksamkeit der Chemiker zu verdienen; und überdiess ist nichts mehr geeignet, die Neugierde zu erregen, als zu sehen, wie ein Salz durch bloße Berührung mit einem Körper, der ihm nichts abtritt und auch nicht das Geringste nimmt, sich mit außerordentlicher Schnelligkeit in neue Substanzen verwandelt, inmitten welcher das Agens, welches diese so heftigen Perturbationen bewirkt, chemisch passiv bleibt.

Schon kennt man zwei Substanzen, das oxydirte Wasser und den Wasserstoffschwefel, als begabt mit der Eigenschaft, sich durch den Einfluss einer bloßen Wirkung der Gegenwart zu zersetzen. Nicht mit Stillschweigen kann ich eine andere Thatsache übergehen, welche die Nitrosulfate noch mehr dem oxydirtten Wasser näher bringen. Es ist die, dass die Salze, gemengt mit Alkalilösungen, aufhören von denselben Körpern zersetzt zu werden, welche sie so rasch zersetzen, wenn sie in reinem Wasser gelöst sind.

Das stickschwefelsaure Ammoniak enthält ein Atom Wasser. Seine Formel ist  $\text{N}_2\text{H}_6 \cdot \text{S}\text{N}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

*Stickschwefelsaures Kali.* Es ist weiss, sehr löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol, von schwach bitterem Geschmack, ohne Geruch und ohne Wirkung auf Reagenzpapiere. Es krystallisiert in unregelmässigen sechsseitigen Prismen, ähnlich dem Salpeter. Bei  $110^\circ$  bis  $115^\circ$  C. zersetzt es sich nicht und verliert auch nichts an Gewicht; ein wenig darüber, gegen  $130^\circ$  C. wird es

aber zerstört; allein statt in Sulfat und Stickstoffoxyd zu zerfallen, wie das stickschwefelsaure Ammoniak, giebt es Stickstoffoxyd aus und einen Rückstand von schwefelsaurem Kali.

Die schwächsten Säuren dagegen entwickeln Stickstoffoxydulgas daraus.

Platinschwamm, Silberoxyd, schwefelsaures Kupferoxyd und Manganoxydul, Bariumchlorid, essigsaures Blei zersetzen es, dabei neutrales schwefelsaures Kali und Stickstoffoxyd bildend. Diese Reactionen zeigen sich jedoch weit langsamer als beim stickschwefelsauren Ammoniak. Ich habe in allgemeiner Weise gesagt, dass die Stabilität des stickschwefelsauren Kalis größer sey als die des entsprechenden Ammoniaksalzes; sie ist es sogar in dem Grade, dass man siedendes Wasser als Reinigungsmittel für dieses Salz gebrauchen kann. Man zersetzt dadurch nur eine geringe Menge, und wenn man die aus der Lösung sich absetzenden Krystalle mit sehr kaltem Wasser wäscht, so befreit man sie leicht von dem anhängenden schwefelsauren Kali.

Das Salz ist wasserfrei, besteht aus einem Atom Kali und einem Atom Stickschwefelsäure, gemäß der Formel  $\text{KaN}_2\text{SO}_4$ . Durch Analyse wurden daraus erhalten 20 Stickstoffoxydul und 80 schwefelsaures Kali.

Das stickschwefelsaure Natron ist weit löslicher. Es schien mir im Allgemeinen dieselben Eigenschaften wie das Kalisalz zu haben, und da es überdiess schwierig zu bereiten ist, habe ich kein besondores Studium von demselben gemacht.

Zum Schlusse dieses Aufsatzes bleibt mir noch übrig zwei Hauptgesichtspunkte zu erörtern, unter welchen man, meiner Meinung nach, die Constitution der Nitrosulfate auffassen kann. Enthalten sie eine eigenthümliche Säure, gebildet aus zwei Atomen Stickstoff, einem Atom Schwefel und vier Atomen Sauerstoff, oder sind es Sulfate, verbunden mit Stickstoffoxydul, das etwa eine Rolle wie

von Krystallisationswasser spielt? Die erste Hypothese scheint mir den Vorzug zu verdienen, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Die Nitrosulfate werden nicht von *Barytwasser* gefällt. Wenn Stickstoffoxydul gleichsam als Krystallwasser in diesen Salzen enthalten wäre, würde es wahrscheinlich die Sulfate nicht bis zu dem Grade abändern, dass sie ihre charakteristische Eigenschaft, die Fällbarkeit durch Baryt, verlieren.

2) Stickschwefelsaures Kali giebt, bloß durch Erwärmung, eine Entwicklung von Stickstoffoxyd und einen Rückstand von schwefligsaurem Kali. Wenig Wahrscheinlichkeit hat es, dass das Stickstoffoxydul bei einer Temperatur von 140° C. in Stickstoffoxyd übergehen könnte, vor allem, wenn es den ihm fehlenden Sauerstoff von einem so stabilen Salze, wie das schwefelsaure Kali, nehmen müsste. Ueberdiess hat Erfahrung mich belehrt, dass Stickstoffoxydul ohne Wirkung auf dieses Salz ist, bei dieser sowohl wie bei höherer Temperatur. Ich füge noch hinzu, dass, wenn die Wirkung der Wärme auf das stickschwefelsaure Ammoniak an die Präexistenz des Stickstoffoxyduls in diesen Salzen glauben lassen könnte, die ganz abweichenden Producte der Zersetzung des stickschwefelsauren Kalis durch dasselbe Agens, bei derselben Schlussfolge, zu der Annahme führen müfs, das letztere Salz sey schwefligsaures Kali, vereint mit Stickstoffoxyd.

Ich ziehe es vor, in der Thätigkeit der Wärme eine zerstörende Kraft zu sehen, deren Wirkung veränderlich ist wie die Natur der Substanzen, auf welche sie ausgeübt wird. Die Frage scheint mir durchaus dieselbe zu seyn, wie die bei den salpetrigsauren oder unterschwefligsauren Salzen, aus welchen es auch noch nicht möglich war, salpetrige oder unterschweflige Säure zu ziehen; nur enthält die Stickschwefelsäure, statt zwei Ele-

mente, deren drei, was übrigens auch nicht ohne Beispiel ist in der Chemie<sup>1)</sup>.

Ich habe gesucht diese Säure zu isoliren, und sie direct, ohne Einfluss von Basen, darzustellen; noch bin ich nicht dahin gelangt, allein im Laufe meiner Versuche habe ich Gelegenheit gehabt, eine sonderbare Thatsache zu beobachten, die mit Allem, was man bisher über die Theorie der Schwefelsäure-Bildung geschrieben hat, im Widerspruch steht, die nämlich, dass Stickstoffoxyd und schweflige Säure Schwefelsäure zu bilden vermögen, ohne dass Zutritt von Luft oder Sauerstoff dazu nötig sey. Der Versuch ist leicht zu machen, und ich habe ihn mehrmals gemacht. Zweihundert Maafs Stickstoffoxyd und hundert Maafs schwefliger Säure, gemengt und in gewöhnlicher Temperatur einige Stunden lang in einer graduirten Röhre mit einer kleinen Menge ausgekochten Wassers stehen gelassen, verwandeln sich in reine Schwefelsäure und geben dabei 100 Maafs Stickstoffoxydul zum Rückstand. Das ist das Resultat. Was die Theorie anlangt, so bin ich zu glauben geneigt, dass sich erst Stick-schwefelsäure bildet, und dass sich diese hierauf in gleicher Weise wie ihre Salze, nur noch mit gröserer Leichtigkeit, zersetze.

Die Theorie, oder vielmehr die Theorien von der Schwefelsäurebildung, wie man sie bisher aufgestellt, müssen also eine bedeutende Abänderung erleiden, denn es ist unmöglich, dass sich nicht eine gewisse Menge von Stickstoffoxydul in den Bleikammern bilde. Seit langer Zeit bin ich mit Versuchen über diesen Gegenstand beschäftigt, und ich hoffe bald die Resultate davon mittheilen zu können.

1) In seinem Jahresbericht, No. 16 p. 73 d. O., äusser Berzelius, die Stickschwefelsäure lasse sich ansehen als Salpetersäure, bei der das fünfte Atom Sauerstoff durch ein Atom Schwefel ersetzt sey.

---

XX. *Ueber das krystallisirte Kali;*  
*von Phil. Walter, Dr. phil.*

---

**B**ei der Bereitung concentrirter Auflösungen von kau-  
stischem Kali für organische Elementaranalysen erhielt  
ich eine schöne Krystallisation von Kali. — Man hat schon  
früher eine Krystallisation beim Kali bemerkt, aber das  
Kalihydrat, welches dieselbe bildet, — ein Hydrat, das  
sehr verschieden ist von dem, welches man erhält, wenn  
Kali bei einer Rothglühbitze einige Zeit hindurch ge-  
schmolzen worden ist, — ist nicht genauer untersucht  
worden, und seine Zusammensetzung ist ganz unbekannt.

Berzelius schreibt, um krystallisiertes Kali zu er-  
halten, in seinem Lehrbuche vor, eine Auflösung von  
Kalihydrat abzudampfen, bis dass sie recht concentrirt  
sey, und sie in einem verschlossenen Gefäße an einem  
kalten Orte lange stehen zu lassen. Nach Thénard  
kann man das krystallisierte Kali bei der Auflösung von  
Kali im wässrigen Alkohol erhalten. — Ich habe auf 3  
bis 4 Pfund geschmolzenes kaustisches Kali erst wenig  
Wasser gegossen, und nachdem die Temperatur, die durch  
die Verbindung des Kalis mit dem Wasser entstanden  
war, sich abgekühlt hatte, goss ich heißes Wasser in hin-  
reichender Menge nach, um den Rückstand des Kalis auf-  
zulösen. Nach 12 Stunden fand ich, nach Abgiebung der  
sehr concentrirten Flüssigkeit, den Boden des Gefäßes  
mit einer Menge schöner durchsichtiger Krystalle bedeckt.

Um diese aufzubewahren, muss man sie sehr schnell  
in einem gläsernen Trichter abtröpfeln lassen, sie dann  
in ein dicht verschließbares Gefäß bringen, und sie an  
einem kühlen Orte stehen lassen.

Das krystallisierte Kali, der Luft ausgesetzt, zieht  
sehr stark die Feuchtigkeit derselben an, und zerfliesst  
zu

zu einer Flüssigkeit. Diese leichte Zerfliesbarkeit macht die Bestimmung der Krystallflächen sehr schwer. Die Krystalle scheinen sehr spitze Rhomboëder zu seyn, bei denen am häufigsten die Kanten durch Flächen ersetzt sind. — Diese Krystalle, unter die Luftpumpe über Schwefelsäure gebracht, werden undurchsichtig und verwittern; diese Thatsache ist bei der großen Zerfliesbarkeit der Krystalle merkwürdig; es ist auch zu bemerken, dass das krystallisierte Kali bei der Auflösung eine starke Kälte hervorbringt. Dies ist aber nicht der Fall, wenn man das krystallisierte Kali mit concentrirter Mineralsäure zusammenbringt; vorzüglich bei der Behandlung mit Schwefelsäure entsteht eine bedeutende Wärme, und die Substanz wird aus dem Gefäse geschleudert. — Bei Salpeter- und Salzsäure ist die Einwirkung weniger stark.

Das krystallisierte Kali löst sich ohne Wärmeentwicklung in einer concentrirten Auflösung von Weinstinsäure auf; beim Ueberschusse der Säure bilden sich nach einigen Augenblicken Krystalle von saurem weinstinsauren Kali. Wird das krystallisierte Kali in flüssiges Ammoniak gebracht, so zeigt sich eine interessante Erscheinung; es löst sich, aber langsamer als im Wasser auf, und von dem Kali steigen Gasblasen auf, welche langsam durch die Flüssigkeit dringen und in den oberen Schichten derselben verschwinden, indem sie sich darin auflösen. Diese Blasen bestehen aus Ammoniakgas, welches durch's Kali entbunden wird, das das Wasser aufnimmt. Die Erniedrigung der Temperatur, welche hierbei stattfindet, erklärt das langsame Auflösen und das geringe Brausen.

Der Gang, den ich eingeschlagen habe, um in der Verbindung das Verhältnis des Kalis und des Wassers zu bestimmen, bestand darin, dass ich einige Grammen der Krystalle sehr schnell abwog, sie in Wasser löste und die Auflösung mit verdünnter Salzsäure behandelte, worauf das Ganze im Wasserbade abgedampft, und das trockne Chlorkalium einige Zeit in einem verschlossenen

Platintiegel bis zu anfangender Rothglühhitze erhitzt und dann gewogen wurde.

Ich habe zwei Analysen mit zwei, zu verschiedenen Zeiten bereiteten Quantitäten angestellt; da die Resultate beider genau übereinstimmen, so gebe ich nur die Zahlen einer dieser Analysen.

4,065 Grm. krystallisierten Kalis haben 3,207 Grm. Chlorkalium, entsprechend 2,028 Grm. Kali; gegeben; das untersuchte Hydrat ist also zusammengesetzt aus:

2,028	Grm. Kali oder in Procenten	49,90
2,037	Wasser	50,10
4,065		100,00

Diese Zahlen müssen indessen eine kleine Correction erleiden.

Nach Berzelius<sup>1)</sup> besteht das bis zur Rothgluth erhitzte Kalihydrat aus 1 Atom Kali und 1 Atom Wasser, oder aus:

83,95	Kali
16,05	Wasser
100,00	

Der Sauerstoff im Kali verhält sich zu dem im Wasser wie 1 : 1.

Das krystallisierte Kali scheint mir als aus 1 Atom Kali und 5 Atomen Wasser zusammengesetzt betrachtet werden zu müssen, oder aus:

Kali	51,10
Wasser	48,90
	100,00

Das Verhältniss zum Sauerstoff im Kali zu dem des Wassers ist dann 1 : 5.

Der geringe Unterschied, welcher zwischen dem ge-

1) Dessen Lehrbuch der Chemie, übers. von Wöhler, Bd. II  
S. 304.

fundenen und dem berechneten Resultate stattfindet, röhrt offenbar von einer kleinen Menge Wasser her, die sich auf der Oberfläche und zwischen den Krystallen findet; es ist übrigens nicht möglich die Krystalle genau zu wägen, ohne daß sie nicht während des Wägens Wasser anziehen<sup>1</sup>).

2,462 Grm. krystallisierten Kalis in den luftleeren Raum gebracht, und so oft gewogen, daß sie nicht mehr am Gewicht abnahmen, verloren 0,527 Grm. Einige Krystalle behielten nach dem Verwittern die Form, andere verloren sie zwar, behielten aber dennoch ein krystallinisches Ansehen bei.

Diese Zahlen zeigen, daß das im luftleeren Raume getrocknet krystallisierte Kali im Hundert besteht aus:

Kali	78,60
Wasser	21,40
	<hr/>
	100,00.

Diese Zahlen entsprechen der Verbindung  $2\text{K} + 3\text{H}_2\text{O}$ , welche, der Berechnung nach, im Hundert zusammengesetzt ist aus:

Kali	77,71
Wasser	22,29
	<hr/>
	100,00.

Das krystallisierte Kali verliert also im luftleeren Raume  $3\frac{1}{2}$  At. Wasser<sup>2</sup>).

- 1) Das angewandte Kali enthielt außerdem noch eine Spur von Chlorkalium.
- 2) Ein erhöhtes Interesse bekommt die obige Untersuchung durch den Vergleich mit den Analysen, die Richard Phillips im vorigen Jahre von den krystallisierten Baryt und krystallisierten Strontian angestellt hat.

Aus diesen Analysen geht nämlich hervor (in Bestätigung der älteren von Büchholz. P.), daß die Baryt- und Strontian-krystalle eine andere Zusammensetzung besitzen als die Kalikry-

**XXI. Ueber die Krystallform und Zusammensetzung gewisser sauren Salze, und über die Uebereinstimmung beider bei gewissen Oxyden; von E. Mitscherlich.**

(Vorläufige Notizen, entlehnt aus den Berichten der K. Preuss. Acad. der Wissenschaften, 1836, S. 22 und 42.)

- 1) Ueber die Uebereinstimmung der Krystallform und der chemischen Zusammensetzung der Metallocyde welche 2 Proportionen Metall und 3 Proportionen Sauerstoff enthalten, und ihrer Verbindungen.

M. erwähnte zuerst kurz die schon bekannte gleiche Krystallform des Eisenoxyds, Chromoxyds und der Thonerde, so wie die Uebereinstimmung der Zusammensetzung und der Krystallform der schwefelsauren Doppelsalze, welche das schwefelsaure Eisenoxyd, Chromoxyd, Manganoxyd

stalle, d. h. doppelt so viel Wasser enthalten als letztere. Man ersieht dies aus folgender Tafel:

Barytkristalle. Gefunden. Berechnet. Atome.

Baryt	47,28	46,20	1
Wasser	52,72	53,80	10

Strontiankristalle.

Strontian	36,24	36,53	1
Wasser	63,76	63,47	10

Der Gang der Analyse war bei den Barytkristallen einfach der, dass sie im Wasser aufgelöst, mit Salzsäure gesättigt und mit Schwefelsäure niedergeschlagen wurden. Aus dem erhaltenen schwefelsauren Baryt wurde der Barytgehalt berechnet und dieser vom Ganzen abgesogen, gab das Wasser. — Bei den Strontiankristallen wurde im Ganzen eben so verfahren, nur hier die Basis durch kohlensaures Ammoniak gefällt.

Die analysirten Kryatalle waren durch langsames Erkalten heisser Lösungen der respective Basen erhalten. (*Phil. Mag. N. S. VI p. 52.*) — Neuerdings (a. a. O. IX) 87 hat J. D. Smith

und die schwefelsaure Thonerde mit dem schwefelsauren Kali und Ammoniak bilden. Aufser den schon von ihm bekannt gemachten isomorphen Doppelsalzen dieser Klasse führte er noch mehrere, bisher noch nicht dargestellte selensaure Doppelsalze an. Als eine neue Zugabe zu dieser Untersuchung beschrieb er weitläufig die Krystallform und die Bestimmung der Zusammensetzung der oxalsauren Doppelsalze dieser Oxyde, von denen das oxalsaure Chromoxyd-Kali durch Turner und Gregory schon bekannt war. Sechs dieser Doppelsalze haben dieselbe Krystallform und die der Form entsprechende Zusammensetzung, nämlich das oxalsaure Chromoxyd-, Thonerde- und Eisenoxyd-Kali, das oxalsaure Chromoxyd-, Thonerde- und Eisenoxyd-Ammoniak. Die anderen Salze, in welchen die zweite Basis Natron ist, sind gleichfalls alle drei nach demselben Verhältniss zusammengesetzt und haben dieselbe Krystallform; sind aber von den Kalium- und Ammoniaksalzen in der Form, wie dieses überhaupt bei den Natronsalzen der Fall ist, und auch was den Wassergehalt anbetrifft, verschieden. Diese Doppelsalze sind so zusammengesetzt, dass der Sauerstoff beider Basen zusammenommen sich zum Sauerstoff der Säure wie 1 : 3 verhält, und der Sauerstoff der Basen gleich ist. Die Eisenoxydsalze haben eine grüne Farbe. Am Schluss erwähnte er der bekannten krystallisierten Mineralien, in welchen Eisenoxyd, Chromoxyd und Thonerde sich als Säuren verhalten, und führte mehrere Versuche an, welche die Verwandtschaft dieser Substanzen zu den Basen beweisen; aus kohlensauren Salzen, z. B. aus dem kohlensauren Natron, wird bei der Rothglühhitze die Säure dadurch ausgetrieben.

dieselben Krystalle zerlegt, und in beiden nur 9 At. Wasser gefunden. Die Barytkrystalle, längere Zeit bis 100° C. erhitzt, lieferten ihm eine Verbindung von 1 At. Baryt mit 2 At. Wasser; gebrüht verloren sie noch ein Atom Wasser; die Strontianekrystalle wurden dabei aber ganz wasserfrei.

P.

2) Ueber die Krystallform und die Zusammensetzung der sauren schwefelsauren, chlorsauren, mangansauren und chromsauren Salze der Alkalien.

Natron sowohl als Kali verbinden sich in zwei Verhältnissen mit der Schwefelsäure zu sauren Salzen, und zwar sind diese Salze, als Verbindungen von Schwefelsäurehydrat mit dem neutralen Salze anzusehen. In gut bestimmmbaren Krystallen erhält man das saure schwefelsaure Natron, in welchen die Schwefelsäure im Hydrat eben so viel beträgt, wie die Schwefelsäure im neutralen Salz; ferner das saure schwefelsaure Natron,  $\text{NaS} + \frac{1}{3}\text{HS}$ , in welchem die Schwefelsäure im Hydrat ein Drittel, und das saure schwefelsaure Kali,  $\text{KaS} + \frac{1}{4}\text{HS}$ , in welchem die Schwefelsäure im Hydrat ein Viertel von der Schwefelsäure im neutralen Salze beträgt. Das Ammoniak verbindet sich mit der Schwefelsäure ( $\text{NH}_3\text{HS} + \frac{1}{4}\text{HS}$ ), so wie das Kali mit der Mangansäure ( $\text{KaMn} + \frac{1}{3}\text{HMn}$ ) nur in einem Verhältniss zu sauren Salzen, in welchen das neutrale Salz mit dem Hydrat der Säure verbunden ist, und zwar so, daß das neutrale Salz drei Mal so viel Säure enthält als das Hydrat. Die sauren chromsauren Salze sind dagegen wirkliche Verbindungen der Chromsäure mit der Basis; das bekannte saure chromsaure Kali enthält bei derselben Menge Basis zwei Mal ein anderes saures Salz, welches man, wenn man dieses saure chromsaure Salz in Salpetersäure auflöst, aus der concentrirten Auflösung in Krystallen erhält, drei Mal, so viel Säure als das neutrale Salz. Das saure selensaure Kali  $\text{KaSe} + \text{HSe}$  hat dieselbe Form wie das entsprechende saure schwefelsaure Salz. Das saure schwefelsaure Kali hat dieselbe Form wie der Schwefel; geschmolzen hat es eine von dieser durchaus verschiedene Form, welche aber nicht mit der des geschmolzenen Schwefels übereinstimmt. Das saure mangansaure Kali und saure schwefelsaure Ammo-

niak haben dieselbe Form, und eine Zusammensetzung, welche dieser Form entspricht.

## XXII. Joddarstellung in Schottland.

**W**hytelaw in Schottland bereitet das Jod auf folgende Weise im Großen. Er wendet dazu Kelp an, welcher an der Westküste Irlands durch Verbrennung von *Fucus palmatus* gewonnen wird. Der Kelp wird mit siedendem Wasser übergossen, bis man eine gesättigte Lösung erhalten hat. Die geklärte Lösung wird erkalten gelassen, wobei sich viel Chlorkalium absetzt. So dann wird sie eingedunstet, und das Kochsalz und kohlensaure Natron, welche sich während des Kochens abscheiden, auf gewöhnliche Weise herausgenommen und über dem Kessel abtröpfeln gelassen. Die gebildete Mutterlauge wird in einen offenen Bleikessel abgegossen, und nachdem sie in demselben erkaltet ist, vorsichtig und in kleinen Portionen mit ungefähr einem Achtel ihres Volums an Schwefelsäure vermischt und 24 Stunden lang offen stehen gelassen. Bei dieser Zumischung geben Kohlensäure und Schwefelwasserstoff davon und gegen das Ende bekommt das Gemisch den Geruch nach schwefriger Säure, welcher indes späterhin auch aufhört; dann krystallisiert schwefelsaures Natron. Die klare saure Flüssigkeit wird in einen bleiernen Destillationsapparat gethan, dessen Ableitungsrohr in eine Reihe sogenannter Vorstöße geht, ungefähr solcher, als zum Brennen des Scheidewassers angewandt werden. Der Kessel wird in einem Sandbade ungefähr bis  $+65^{\circ}$  C. erhitzt, danu Braunstein hinzugesetzt, das Ableitungsrohr angekittet, die Temperatur bis etwa  $100^{\circ}$  C. erhöht, mit Achtsamkeit, dass sie nicht höher steige. Bei dieser Temperatur geht

Jod allein mit Wasserdünsten fort und sammelt sich in dem vorgelegten Glase. Sollte die Temperatur auf 118° oder 119° C. steigen, so bildet sich Chlorjod, welches bei +100° C. nicht mehr statt hat. Bei dieser Behandlung erfordert die Jodentwicklung nur ein Sechstel oder Achtel der gewöhnlich vorgeschriebenen Menge von Schwefelsäure. Diese Fabrik soll wöchentlich 1500 Unzen Jod bereiten <sup>1)</sup>). Die im Destillationsgefäß zurückbleibende Flüssigkeit wird fortgegossen. Wird sie zum Klären hingestellt und das Klare erkalten gelassen, so setzt sich Jodblei und ein krystallisiertes Doppelsalz von Jodblei und Jodnatrium ab. (Berzelius Jahresbericht, No. 16 p. 80. Aus der Mittheilung eines Reisenden.)

---

### XXIII. Beobachtungen über das Nordlicht vom 18. October dieses Jahres.

---

Nach fast sechsjähriger Pause hat das mittlere Europa einmal wieder den prachtvollen Anblick eines wohl ausgebildeten Nordlichts gehabt. Von allen Seiten bringen die Zeitungen kurze und lange Berichte über dies bei uns immer seltene Schauspiel, und es ist vorauszusehen, dass die Liste derselben noch lange nicht geschlossen seyn wird. Nach dem was uns bis jetzt darüber zu Gesicht gekommen ist, hat man das Phänomen an folgenden Orten wahrgenommen:

1) Diese grosse Masse geht fast gänzlich nach Frankreich; wozu sie aber dort eigentlich verbraucht wird, ist, selbst den Engländern, ungeachtet mehrfältiger Nachforschung, bisher unbekannt geblieben.

P.

Londonderry	Düsseldorf	Stockholm	Petersburg
Rennes	Cölln	Swinemünde	Königsberg
Nantes	Aachen	Colberg	Danzig
London	Bonn	Berlin	Heiligenbeil
Brüssel	Elberfeld	Breslau	Elbing
Lüttich	Osnabrück	Inspruck	Warschau
Troyes	Wiesbaden		Lemberg
Turin	Carlsruhe		
	Strasburg		
	Basel		

Man sieht hieraus, dass die Sichtbarkeit dieses Nordlichts so ziemlich dieselbe Ausdehnung gehabt hat, wie das vom 7. Januar 1831, welches in diesen Annalen, Bd. XXII S. 434 und 534 ausführlich beschrieben wurde.

Wir haben nicht die Absicht alle Zeitungsberichte wiederzugeben, halten uns aber verpflichtet, einige uns besonders zugekommene und vorzugsweise auf Zuverlässigkeit Anspruch machende Nachrichten hier mitzutheilen.

### 1) Beobachtungen in Berlin.

Abends um 6<sup>h</sup> 40' sah ein genauer Beobachter hoch am nördlichen Himmel, α des Perseus berührend, einen milchweissen, hellleuchtenden Bogen, ohne Unterbrechung von Osten nach Westen streichend. Der Bogen hatte etwa 3° Breite, und glich anfangs einem dünnen Wolkenstreif auf klarem Grunde des heiteren Himmels. Die Intensität des Lichts war gegen Osten am stärksten, zog sich aber allmälig gegen Westen. In 10° bis 12° Höhe war trotz des hellen Mondscheines eine schwache Röthe im magnetischen Meridian sichtbar. Um 6<sup>h</sup> 52' erhoben sich plötzlich, ähnliche lichte weisse Säulen aus dem grossen zuerst genannten Bogen und schossen gegen das Zenit. Die Säulen liefen scheinbar von Osten gegen Westen, das heißtt, sie folgten in dieser Richtung, und entstanden in dem östlichen Theile des Bogens zuerst. Bei dem starken Mondlichte zeigten sie auch nur die Farbe

weisser Wolkenstreifen, deren Dauer von wenigen Sekunden war. Dann verschwanden bald die Röthe am nordwestlichen Horizont und gegen 7 Uhr der grosse Bogen selbst. Von diesem sah man noch Spuren im Westen, als er in Osten schon ganz unerkennbar war. So lange die Erscheinung dauerte und die Aufmerksamkeit mehrerer Umstehenden von selbst auf sich zog, war unterhalb des Bogens keine Verdunkelung zu bemerken, aber von 6<sup>h</sup> 40' bis 6<sup>h</sup> 52' rückte der Bogen durch die Cassiopeja merklich höher und erreichte fast den Polarn stern. Gleich nach Erscheinen der auflodernden Lichtstreifen wurde es trübe und im Süden wolkig. (Von einem genauen Beobachter mitgetheilt.)

Unterzeichneter hat gleichfalls um die genannte Zeit einen hellen Lichtflor in der Nähe des magnetischen Meridians bemerkt, und auch ihm schien die Natur desselben nicht zweifelhaft, um so weniger, als er bereits am 29. September ein Nordlicht beobachtete, und es bekannt ist, dass dergleichen Erscheinungen sich gewöhnlich wiederholen. Das vom 29. September war indes vorzugsweise ausgezeichnet. Um 11 Uhr 15 Minuten zeigte sich nämlich im NW., in einer Höhe von etwa 15 Grad, ein rother heller Schein, der mehrere Male verschwand, und jedesmal näher gegen Norden wieder aufleuchtete, zuletzt um 11 Uhr 31 Min. in einem Azimuth von etwa N. 10° W. Hierauf bildete sich ein flacher Bogen weissen Lichtes, dessen Scheitel in dem erwähnten Azimuth sich zu etwa 15 Grad erhob; mehrere gegen das Zenith gerichtete breite Lichtstrahlen gingen von ihm aus. Um 11 Uhr 40 Min. zeigte sich diese Erscheinung in ihrer grössten Intensität, 10 Min. später verschwand sie, war aber schon um 11 Uhr 54 Min. wieder sichtbar und erhielt sich dann in abwechselnder Lichtstärke bis 12 Uhr 40 Min. wo das ganze Phänomen aufhörte, auch im Verlaufe der Nacht nicht wieder hervortrat.

Die während der Dauer der Erscheinung beobachteten Schwankungen der Magnetnadel im Gambey'schen Declinatorium waren sehr bedeutend. Von 11 Uhr 15 Min. bis zur vollständigen Ausbildung des Lichtbogens (11 Uhr 40 Min.) wurde die Nadel um 19,8 Min. nach Norden hin abgelenkt, d. h. es folgte die Nordspitze der Magnetnadel dem Nordlichte um diese Grösse; dann aber kehrte sie langsam nach Westen zurück, und war, um 13 Uhr 15 Min., 22,9 Min. westlicher als bei ihrer grössten nördlichen Elongation.

Auch am folgenden Tage machte die Nadel bedeutende Schwingungen bis zum Betrage von 32,4 Min., indess ließ sich am Abend wegen des ungünstigen Himmels keine ähnliche Erscheinung beobachten; die Vermuthung der Existenz einer solchen wurde indess durch eine Notiz aus Berun in Oberschlesien bestätigt, wo am 30. Abends, kurz vor 9 Uhr, am nördlichen Himmel eine Lichtsäule bemerkt wurde, die mit einem blitzartigen Glanze aufschoss, in einem der Venus ähnlichen Lichte an 4 Secunden währte, und dann, an beiden Enden allmälig verlöschend, verschwand.

Herter.

## 2) Beobachtungen in Colberg vom Bergrath Senff.

Der gestrige Tag war ein heiterer kühler Herbsttag; die nie bedeckte Sonne vermochte die Luft nicht höher als  $+12^{\circ}$  R. in der ersten Nachmittagsstunde zu erwärmen. Ununterbrochen wehte ein gelinder, grösstentheils nur Lustzug zu nennender Wind aus SSO.

Abends war der Mond, etwas über ein Viertel gefüllt, bereits hoch am Himmel und in ungewöhnlicher Klarheit, als sich 15 Min. nach 6 Uhr zuerst in NO., und wenige Augenblicke nachher auch in NW. aus dem Horizont eine weisse Lichtmasse erhob, von beiden Seiten ziemlich rasch emporstieg, und sich binnen kurzer Zeit am oberen Himmel so vereinigte, daß sie einen Lichtgürtel bildete, der oben eine Breite von etwa 10 Graden

haben mochte, in seinen beiden Schenkeln aber nach dem Horizonte zu schmäler auslief. Dieser Lichtgürtel, nirgends unterbrochen, batte überall nur eine blendendweisse Farbe. Die von ihm bedeckten Sterne waren deutlich zu sehen, obwohl ihr Schein durch ihn geschwächt war. Auf beiden Seiten des Gürtels, besonders in der Nähe des Horizonts, hatte die Luft ein weit tieferes Blau als an den übrigen Stellen des Himmels, wodurch der Lichtstreifen um so glänzender erschien. Er befand sich während seiner ganzen Dauer in stetem gleichmäfsigen Wachsen, Verdichten und Vorschreiten nach Süden, als würde er durch einen ihn verdichtenden Luftzug dorthin getrieben, so dass um 7 Uhr seine beiden Schenkel gerade in Westen und Osten auf dem Horizonte aufstanden, das Zenith bedeckt war, der Lichtgürtel also den Himmel in zwei ganz gleiche Hälften theilte.

In dieser Zeit strahlte er nicht nur in seinem schönsten Lichte, welches im Zenith dem Lichte der Sterne so nahe kam, dass die dahinterstehenden fast unsichtbar wurden, sondern es war auch die Structur der Lichtmasse am bestimmtesten zu erkennen, die aus lauter Lichtstreifen oder sehr lang gezogenen Lichtgarben bestand; deren Längenrichtung mit der des Lichtgürtels selbst nicht ganz vollkommen zusammenfiel, sondern eine grössere Neigung nach Süden hatte. Am deutlichsten sah man diese Lichtgarben und ihre abweichende Neigung in der Nähe des Horizonts, aus dem sie abwechselnd, deutlich begränzt, heraufstiegen, und darauf in das gleichmäsigere Licht des Gürtels verschmolzen. Sobald dieser sich über das Zenith hinaus nach Süden auszudehnen anfing, nahm sein intensives Licht nach und nach ab, seine Schenkel erhoben sich vom Horizonte, und die ganze Erscheinung verschwand 10 Minuten nach 7 Uhr als ein leichter, weißer, dem Monde entgegengehauchter Nebelstreif ungefähr 20 Grade südlich vom Zenith.

Der Himmel war darauf ganz heiter; nur der nörd-

liche Horizont hatte einen etwas lichteren Schein als gewöhnlich, der die Aufmerksamkeit fesselte, obgleich von den bei einem Nordlichter in der Regel stattfindenden Lichtstreifen nichts darin zu erblicken war.

Aber nicht immer vergebens ließen diese auf sich warten. Gegen 9 Uhr 15 Min. erhoben sie sich exzentrisch von Norden, verschwanden und stiegen abwechselnd wieder auf, bis kurz vor 10 Uhr, wo das Spiel derselben ganz aufhörte. Sie waren nicht so glänzend hell wie gewöhnlich, sondern nur matten Lichtes; nicht scharf begränzt, in den weissblauen Grund des Himmels übergehend, nicht constant in Stellung und Grösse, nie einander gleich, tauchten sie schwachstrahlend aus dem Horizonte auf, um alsbald wieder zu verschwinden, da die Dauer von keinem derselben nach Minuten, sondern nur nach Secunden gezählt werden konnte.

Aber herrlicher, als ich früher jemals an einem Nordlicht gesehen, prangte über ihnen von ein Viertel auf 10 Uhr an eine feurige Bogenwolke, deren immer und überall gleiche Farbe eine Mischung von gleichen Theilen Purpur, Zinnober und Rosenroth, von eben solcher Lebhaftigkeit war, als wie sich eine kaum stundenweit entfernte Feuersbrunst im nächtlichen Dunsthimmel spiegelt. Diese glänzende Feuermasse erreichte bei weitem nicht die Höhe des zwei Stunden früher aufgestiegenen Lichtgürtels, sondern höchstens den 45sten Grad des Himmels, und schien ein Condensator für die weißen Lichtstreifen zu seyn, die aus Norden zu ihr aufschossen, und, in ihr entladen, verschwanden. Ihre mittlere Breite betrug bis 15 Grade; ihre Längenrichtung war von NON. nach WNW. An beiden Enden ihrer Länge, die bei weitem nicht bis an den Horizont herabreichten, sammelte sich das meiste Lichtfeuer mit am meisten gesättigter Farbe, und erhielt sich auch am längsten, indem drei Viertel auf 10 Uhr die Mitte der Feuermasse nebst den aufschiesenden Lichtstreifen schon verschwand, als beide Endpunkte

der feurigen Lichtmasse noch einige Minuten lang herrlich glänzten.

Kurz vor 10 Uhr war jeder Lichtschein verlöschte, und am nördlichen Horizont kaum noch eine hellere Streifung zu bemerken. Der Mond gegenüber im reinsten Blau nahete sich dem Untergehen. Das Thermometer war auf  $+3^{\circ} \frac{1}{2}$  R. gesunken.

Während der Nacht ist der Himmel ganz heiter geblieben, an welchem heute früh die Sonne in voller Pracht emporstieg. Die Temperatur war dabei nur  $+3^{\circ}$  R. Die Windesrichtung ist unverändert SSO., aber seit 9 Uhr hat sich der Himmel mit einem gleichmäsig dichten grauen Wolkenschleier überzogen.

Colberg, den 19 October 1836.

### 3) Beobachtungen in Königsberg; von Hrn. Prof. Bessel.

Bald nach dem Untergange der Sonne zeigte sich, westlich von Norden, eine Helligkeit des Himmels, welche man einem Nordlichte zuschreiben konnte, zumal da ihre Mitte etwa in der Richtung des magnetischen Meridians lag, und da einige Tage vorher auch Nordlichter erschienen waren. Denn die Nordlichter haben meistens ihren Mittelpunkt in *dieser* Richtung, und es ist nicht ungewöhnlich, dass sie sich in kurzer Zeit wiederholen. Das erste Nordlicht, welches ich in diesem Herbst gesehen habe, war am 11. Oct., ein zweites erschien am 12. Jenes gehörte zu den schöneren, indem es häufige Strahlen über den Polarstern hinauftrieb; dieses erhob sich nur wenig über den Horizont und zeigte keine Strahlen. Das am 18. Oct. erscheinende entwickelte sich so vollständig, dass es, wenigstens für unsere Gegenden, zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört, und an die schöne Beschreibung von Maupertuis erinnert, den die Nordlichterpracht in *Tornea* entzückte, als er sich, jetzt gerade vor 100 Jahren, daselbst befand, um eine denk-

würdige wissenschaftliche Unternehmung rühmlich auszuführen.

Unser Nordlicht zeigte zunächst einen röthlichen Schimmer, welcher mehrere Theile des nördlichen Himmels bedeckte, aber wenig lebhaft und von kurzer Dauer war. Dann strömte die Gegend um seinen Mittelpunkt herum, häufige Strahlen aus, welche, wie es bei Nordlichtern gewöhnlich ist, in wenigen Augenblicken entstanden, fast bis zu dem Scheitelpunkte aufschossen, wieder verschwanden und durch neue ersetzt wurden. Diese Strahlen sind *geraden* Kometenschweifen durchaus ähnlich; oft drängen sich so viele zusammen, dass sie an die geraden Bäume eines dichten Tannenwaldes erinnern; ihr Licht pflegt nicht so lebhaft zu seyn, dass so heller Mondschein, als der des 18. Oct. war, die Schönheit ihres Anblickes und ihrer fortwährenden Aenderungen nicht beeinträchtigen sollte.

Bis hierher war die Erscheinung von der des 11. Oct. und von denen, die sich in diesen Gegenden zu gewissen Zeiten nicht selten zeigen, nicht wesentlich verschieden. Allein um  $7\frac{1}{4}$  Uhr erschienen zwei Strahlen, welche sich sowohl durch ihre Lebhaftigkeit als auch durch die Himmelsgegenden, wo sie sich befanden, auszeichneten. Beide entstanden an entgegengesetzten Punkten des Horizontes, der eine etwa 15 Grad nördlich von Osten, der andere eben so weit südlich von Westen. Sie schossen in Richtungen aufwärts, welche südlich von dem Scheitelpunkte vorbeigingen. Sie hatten die Helligkeit hoher, weißer, durch starkes Mondlicht erleuchteter Strichwolken. Man sah deutlich, dass die Ausströmung, welche sie erzeugte, kräftig unterhalten wurde, denn ihre Verlängerungen und Verkürzungen waren gross und schnell. Als diese Strahlen kaum entstanden waren, zeigte sich an dem nördlichen Rande jedes derselben ein Auswuchs; beide Auswüchse verlängerten sich und näberten ihre Enden, so dass sie bald zusammenstießen, und nun einen

Bogen bildeten, welcher beide Strahlen mit einander verband, und dessen höchster Punkt etwa 30 Grad nördlich von dem Scheitelpunkte lag. Dieser Bogen erschien, so wie die Strahlen, von welchen er ausging, in lebhaftem weissen Lichte, und würde vermutlich einen noch weit schöneren Anblick gewährt haben, wenn nicht der Mond seinen Glanz geschwächt hätte. Indessen blieb er nicht lange Zeit in seiner anfänglichen Lage: er bewegte sich dem Scheitelpunkte zu, ging dann über ihn hinaus auf die Südseite und kam auf dieser bis zu einer Entfernung von 40 bis 45 Grad, wo er sich nach und nach wieder verlor. Ehe dieses geschah, nahm er auf der Westseite eine unregelmäßige Krümmung an und zeigte sich sehr auffallend schlängenförmig; auf der Ostseite blieb er bis zu seiner gänzlichen Auflösung regelmässig gekrüumt.

Nach der Verschwindung dieses Bogens zeigte das Nordlicht nur noch eine beträchtliche Helligkeit am nördlichen Himmel, welche, trotz des Mondscheins, oft bis zu der Höhe von 30 Graden wahrgenommen werden konnte. Hin und wieder schoß es einzelne blasse Strahlen aufwärts, welche jedoch mit keinen ungewöhnlichen Erscheinungen verbunden waren. Allein um  $9\frac{1}{2}$  Uhr wurde sein Ansehen prachtvoll! die Nordhälfte des Himmels bedeckte sich mit einer rothen Farbe, welche so satt wurde, dass sie nur mit der Farbe des Karmins verglichen werden kann; dabei war ihr Licht so stark, dass es, trotz des Mondlichtes, sichtbaren Schatten verursachte. Diese Röthe des Himmels ging in Norden nicht bis zu dem Horizonte herab, sondern ein bogenförmiger Raum, dessen Scheitel etwa 30 Grad Höhe haben mochte, blieb ungefärbt.

Ueber diesem freien Raume sah der Himmel aus, als würde er durch einen Vorhang von einem hochrothen, durchsichtigen Stoffe bedeckt. Hinter dem Vorhange schossen blendend weisse Strahlen hervor, welche durch ihn

ihn hindurchschimmerten. Einige glänzende Sternschnuppen, welche sich an dem verhängten Theile des Himmels zeigten, vermehrten noch die Pracht und die Abwechslung der Scene.

Etwa nach einer Viertelstunde trennte sich der rothe Vorhang, um den in der Richtung des magnetischen Nordens liegenden Theil des Himmels wieder in seiner gewöhnlichen Farbe erscheinen zu lassen. Der ungefärbte Raum vergrößerte sich nun nach beiden Seiten, und bald war keine rothe Farbe mehr, sondern nur noch einige Helligkeit am nördlichen Horizonte sichtbar.

Zum Schluss führe ich noch an, dass, nach Mauupertuis, die hochrothe Farbe des Himmels, auch in *Tornæa* so selten vorkommt, dass allerlei Aberglauben daran geknüpft wird; dass aber alle anderen Färbungen häufig sind. Es scheint daher, dass unser Nordlicht, selbst für höhere Breiten, eine ungewöhnliche Erscheinung gewesen seyn würde. Helle Bögen, wie der um  $7\frac{1}{4}$  Uhr gesene, kommen im hohen Norden häufig vor; die an demselben wahrgenommene Bewegung ist dort gleichfalls nichts Ungewöhnliches. Auch bewegen sich häufig mehrere derselben von Norden und von Süden gegen einander, und vereinigen sich in der Gegend des Scheitelpunktes. Da aber mein angeführter vortrefflicher Gewährsmann meint, die Pracht und der Reichthum dieser Erscheinungen gehe über die Kraft *seiner* Beschreibung hinaus, so geht sie gewiss über die der *meinigen*, der ich sie nie gesehen habe. Indessen mag unser Nordlicht uns einen Begriff davon geben haben.

#### 4) Beobachtungen in Elberfeld von Hrn. Prof. Egen.

Eine in der Nacht vom 18. auf den 19. October stattgehabte Nordlichterscheinung giebt mir Veranlassung, Ihnen nach langer Unterbrechung eine erneuerte Mittheilung für die Annalen zu machen. Die Erscheinung war

merkwürdig genug, um eine öffentliche Bekanntmachung zu rechtfertigen.

Der Abend des 18. Octobers war sehr heiter, kein Wölkchen war über dem Horizont zu sehen. Ich verließ gegen  $6\frac{1}{2}$  Uhr meine Wohnung, und erreichte gegen 6 Uhr 50' eine Anhöhe in der Nähe der Stadt. Hier erst bemerkte ich gegen Norden einen weissen Lichtbogen, den ich beim ersten Anblick für einen Mond-Regenbogen hätte halten mögen. Der Mond stand fast im Meridian, und zwar  $16\frac{3}{4}$  Grad über dem Horizonte. Der Scheitel des Lichtbogens stand allerdings dem Monde fast genau gegenüber; aber derselbe reichte bis zum Polarstern aufwärts, so daß der Bogen als Mond-Regenbogen 68 Grad von der optischen Axe würde entfernt gewesen seyn. Obgleich mir diese Zahlen nicht gleich vorlagen, so sah ich doch mit um so mehr Ueberzeugung bald ein, daß die Erscheinung keine optische seyn könne, als die Heiterkeit des Himmels nach allen Seiten hin nicht gestattete, an einen benachbarten Regen zu denken. Der Scheitel des Lichtbogens ging mit seiner Mitte sehr nahe unter dem Polarstern hin. Die Enden des Bogens wurden gegen den Horizont zu matter. Der Scheitel veränderte während meiner Beobachtung seine Höhe nicht merklich. Der Bogen hatte eine mittlere Breite von etwa 2 Grad, die jedoch in seiner ganzen Länge sehr merklich ungleich war. Sein Licht war das eines weisslichen Nebels, ohne Farben, ohne Streifen und ohne innere Bewegung. Der Bogen überspannte mehr als ein Drittel des ganzen Horizonts, und das Azimuth seines Scheitels lag jedenfalls nicht weit vom Sterne δ des kleinen Bären ab. Anfänglich war das Licht des Bogens im Osten am glänzendsten, und er reichte im Westen nicht ganz zum Horizont hinab. Bald nahm aber östlich der Lichtnebel an Glanz ab, und westlich nahm er zu, bis er, von Osten nach Westen fortgehend, in Zeit von ein Paar Minuten verschwand. Unmittelbar darauf schlug es in der Stadt

7 Uhr. Ich sah also die Erscheinung kaum 10 Minuten lang. Es kann aber keinem Zweifel unterworfen seyn dass sie länger hier sichtbar gewesen ist. Trotz vieler Bemühungen ist es mir nicht gelungen, einen andern Beobachter der Erscheinung hier aufzufinden. Dieselbe mag also allerdings nicht von sehr langer Dauer gewesen seyn, da sie leuchtend genug war, um auch dem minder Aufmerksamen gleich in die Augen zu fallen. Bis 8 Uhr blieb der Himmel ganz heiter, und ich wurde dann abgehalten denselben weiter zu beachten. Kurz vor 9 Uhr wurde mir gemeldet, der nördliche Himmel habe sich seit einer Viertelstunde blutroth gefärbt, und die Röthung sey hoch bis zum Zenith herauf gezogen. Als ich, von der vierten Etage des Realschul-Gebäudes aus, um 9 Uhr des nördlichen Himmels ansichtig wurde, war derselbe noch stark dunkelroth gefärbt. Gegen  $30^{\circ}$  westlich vom magnetischen Norden, also gegen  $50^{\circ}$  westlich vom geographischen Norden, stand ein rother Kegel auf dem Horizonte, der anfänglich gegen  $20^{\circ}$  aufwärts reichte, sich aber immer mehr verkürzte, während sich auch die allgemeine Röthung des Himmels immer mehr zurückzog, bis um  $9\frac{1}{4}$  Uhr die Erscheinung völlig verschwunden war. Später, bis gegen 11 Uhr, habe ich nichts Ungewöhnliches weiter am Himmel bemerkt. Am 19. October Morgens  $5\frac{1}{2}$  Uhr bemerkte ein hiesiger langjähriger Beobachter meteorologischer Erscheinungen, im Freien, am heitern bestirnten Himmel einen Lichtbogen, der nach genauer, mir mündlich gemachter Beschreibung dem Lichtbogen vom vorigen Abend völlig gleich war. Derselbe ging von SW. nach NO. beiläufig durch das Zenith, und verschwand bei dem heitern Sonnenaufgang. Es standen nur wenige einzelne Wölkchen am Himmel. Doch schon Vormittags bildete sich eine Wolkendecke und Nachmittags trat ein starker Regen ein. Ein Lehrer sah diesen Lichtbogen in Hattingen an der Ruhr ( $2\frac{1}{2}$  Meilen nördlich von Elberfeld) genau so, wie er hier beobachtet

wurde. Seine azimuthische Lage ist freilich unerwartet, doch aber so von beiden, mir als zuverlässig bekannten, Beobachtern übereinstimmend angegeben worden.

Die Elberfelder Zeitung bringt unter dem 25. October den folgenden Artikel aus *Hannover* vom 19. Oct.:

»Der gestrige Abend bot zwei merkwürdige Phänomene dar. Gegen halb 7 Uhr beobachtete man bei heiterem Himmel einen weißen Halbkreis, den Mondringen, sogenannten Höfen, ähnlich, nicht aber, wie diese, den Mond umgebend, sondern derselben, wie ein Regenbogen der Sonne, gegenüberstehend. Als dieser weiße Streif zuerst wahrgenommen wurde, befand sich die höchste Stelle des Kreissegments in der Nähe des Polarsterns. Die Mitte desselben war nach Norden gerichtet, und die Schenkel reichten nach Osten und Westen bis zum Horizonte. In der Mitte war dieser Streif von ziemlich gleichmässiger Breite; die herabsteigenden Schenkel wichen jedoch von dieser regelmässigen Gestalt ab, indem sie stellenweise breiter oder schmäler waren, und in ihrer Richtung gegen den Horizont hin nördlich abwichen. Nach einer Viertelstunde war dieser Streif bedeutend in die Höhe gerückt, und stand dem Anscheine nach ganz im Zenith, indem er, seine Gestalt beibehaltend, jetzt durch die Cassiopeja, den Schwan und nicht weit nördlich von der Vega durchging. Allmälig wurde er matter, verschwand zuerst vom Horizonte aus, und war nach einer halben Stunde kaum mehr zu sehen. Die anfängliche Meinung, daß das Phänomen, nach der Theorie des Regenbogens, durch Refraction des Mondlichtes in atmosphärischen Dünsten gebildet sey, widerlegte sich theils aus der etwas unregelmässigen Gestalt (wobei zu bemerken, daß keine Wolken am Himmel, und die Sterne durch den Streif ungeschwächt zu sehen waren), theils aus dem schnellen Fortrücken des Streifes gegen das Zenith, denn der Mond sank in dieser kurzen Zeit

nicht so viel, dass daraus das schnelle Emporsteigen des Phänomens hätte erklärt werden können. Gegen 9 Uhr sah man in Norden, Nordost und Nordwest ein Nordlicht, welches zuerst in der Höhe des grossen Bären sichtbar, allmälig bis zu derselben Höhe stieg in welcher das vorhin beschriebene Phänomen zuletzt gesehen wurde, und nach halb 10 Uhr allmälig verschwand. Wenn auch die blutrothe Farbe, dieser letzteren Erscheinung nicht mit dem, den Nordlichtern gewöhnlichen, Aussehen übereinstimmt, so rechtfertigt doch die Gegend, so wie das strahlenförmige Emporschießen des Lichtes die Benennung.“

Nach diesen Beobachtungen kann es keinem Zweifel unterworfen seyn, dass der Lichtbogen vom 18. October Abends der Nordlicht-Erscheinung angehörte, und auch der Lichtbogen vom 19. Morgens darf mit großer Wahrscheinlichkeit dem Nordlicht zugerechnet werden. Beide Bogen zogen sich senkrecht über Deutschland hin. Der Bogen vom 18. zeigte eine sehr merkliche Parallaxe für die Beobachtungen in Elberfeld und Hannover. Unzweifelhaft sind diese Bogen an vielen Orten im nördlichen Deutschland beobachtet worden, so dass die Berechnung ihrer wahren Lage in der Atmosphäre möglich werden wird. Zu diesem Zweck bemerke ich noch, dass die Elberfelder Beobachtung unter einer Breite von  $51^{\circ} 15',5$  und unter einer Länge von  $24^{\circ} 49',6$  gemacht wurde.

Die meisten Bestimmungen über die Höhe der Nordlichter, wie sie aus früheren Beobachtungen abgeleitet worden sind, scheinen mir wenig Zutrauen zu verdienen. Für das Nordlicht vom 7. Januar 1831 habe ich in No. 192 der Astronomischen Nachrichten Beobachtungen mitgetheilt, die zu einer genauen Berechnung der Elemente würden geführt haben, wenn in NN. Westlicher Richtung von hier eben so genaue Beobachtungen gemacht worden wären. Leider ist mir bisher nicht bekannt geworden, dass brauchbare correspondirende Beob-

achtungen seyen angestellt worden. Hätte Sturgeon mit seiner Genauigkeit und verständlichen Beschreibung, statt in Woolwich, in Utrecht beobachtet, so würde es an corsespondirenden Daten für die Berechnung nicht fehlen. Die Berechnung von Christie und Hansteen (*Annalen der Physik und Chemie*, Bd. XXII S. 473 und 481) scheinen mir sehr viele Zweifel zuzulassen, so wie besonders gegen die bisher angenommene große Höhe der Nordlichter (nach den Berechnungen von Mairan, Bergmann, Cavendish, Gilbert etc.) manche Bedenken möchten aufgestellt werden können.

Die Nordlicht-Bogen vom 18. und 19. October werden darum sehr gut sich zu Berechnungen eignen, weil sie als isolirte Erscheinungen nicht zu Verwechslungen Veranlassung geben können, und weil sie über dem nordwestlichen Deutschland senkrecht standen, so dass wahrscheinlich Beobachtungen von der nördlichen und südlichen Seite gemacht worden seyn. Die ganze Erscheinung hatte viele Aehnlichkeit mit derjenigen, welche am 29. März 1826 an vielen Orten in England beobachtet, und von John Dalton beschrieben und berechnet wurde (*Philosophical Transactions*, 1828, p. 291). Dalton fand die Höhe des Bogens zu 100 Miles (21 deutsche Meilen), die Breite zu 8 bis 9 Miles; der Bogen ging durch das Zenith von Kendal und stand senkrecht auf dem magnetischen Meridian der dortigen Gegend. Ich halte diese Berechnungen mit für die zuverlässigsten, die in Beziehung auf das Nordlicht je gemacht worden sind. Die Nordlicht-Erscheinung dieses Monats wird eine eben so zuverlässige Berechnung zulassen, wenn sie nur an mehreren günstig gelegenen Orten, und genau genug, beobachtet worden ist. Vorläufig lässt sich aus den Beobachtungen, die in Hannover und Elberfeld gemacht wurden, nur die Vermuthung rechtsfertigen, dass der Bogen vom 18. October gegen 20 deutsche Meilen hoch gestanden habe. Mit dieser Höhe stimmt eine dritte

unvollständige Beobachtung, die eine halbe Meile südlich von Bonn ist gemacht worden; man sah dort den Bogen, gegen  $6\frac{1}{2}$  Uhr, in der Nähe vom Stern  $\alpha$  im großen Bären hingehen, während derselbe zu dieser Zeit in Hannover bis zum Polarstern reichte<sup>1)</sup>). Durch Einsendung und Sammlung recht vieler Berichte wird der Wissenschaft ein nicht geringer Dienst geleistet werden.

Elberfeld, am 20. October 1836.

#### *XXIV. Geographische und physikalische Constanten von Berlin.*

(Aus den Berichten der K. Preuss. Acad. d. Wissenschaften, 1836,  
S. 64.)

In der Sitzung vom 25. Juli d. J. las Hr. Encke über die verschiedenen Constanten, welche sich auf die geographische Lage von Berlin beziehen, die Werthe der magnetischen Abweichung, Neigung und Intensität, und die mittlere Temperatur und Barometerhöhe, wie sie aus den neusten Beobachtungen sich ergeben.

Die Bestimmung dieser verschiedenen Werthe hat bei einem Orte, wie Berlin, an welchem seit langer Zeit Beobachtungen angestellt sind, nur dann ein erhöhtes Interesse, wenn man der Wahrheit so nahe gekommen ist, daß die angegebenen Werthe als definitiv innerhalb sehr enger Gränzen angesehen werden können. Die Verschiedenheit der Methoden und Instrumente las-

1) Wenn auch die Berechnungen des Hrn. Prof. Hansteen über die Höhe des am 7. Januar 1831 beobachteten Nordlicht-Bogens nicht allen Zweifel zu beseitigen vermögen; so erhellt doch so viel daraus, daß diese Höhe nicht sehr von 20 Meilen verschiedenen seyn könne.

sen, bei sehr naher Uebereinstimmung der Endresultate unter sich, hoffen, daß diese Gränze fast erreicht ist.

Bezogen auf die neue Sternwarte, deren Lage gegen die alte, oder gegen den Müßling'schen Dreieckspunkt, aus einer trigonometrischen Vermessung sich ergab:

Neue Sternwarte 56°,72 südlicher

5°,91 östlicher

als die alte, finden sich folgende Werthe.

### 1) P o l h ö h e.

1829 aus Zenithal-Sternen      52° 30' 15",95

1832 - β Draconis                15° ,76

1836 - θ Urs maj.                16° ,12

oder in runder Zahl

52° 30' 16",

welche durch den zu erwartenden Meridiankreis, unabhängig von den Bestimmungen der Declinationen der Sterne auf andern Sternwarten, noch bestätigt werden muß.

### 2) Geographische Länge.

1826 aus Sternen im Parallel des Mondes      44° 14",01  
in Zeit östlich von Paris

1828 Erste chronometrische Verbindung  
mit Altona                        13° ,98

1834 Zweite chron. Verbind. mit Altona      13° ,64

1835 Dritte - - - - -                13° ,85

Die letzte Bestimmung, aus 20 Reisen mit 20 der vortrefflichen Dänischen Chronometer durch Hrn. Etatsrath Schumacher veranstaltet, ist bei weitem die genaueste. Hiernach wird die Länge von Berlin Neue Sternwarte

31° 3' 27",8 östlich von Ferro.

### 3) Höhe über der Meeresfläche.

Aus der vortrefflichen Nivellirung des Königlichen Generalstabes, ausgeführt von dem Hrn. Major Baeyer,

ist die Oberfläche des Fundaments, auf welchem der große Refractor steht

$148^f\ 0^z,9$  rheinländ.

über der Ostsee. Das Straßenpflaster unter dem Thorwege der alten Sternwarte

$108^f\ 5^z,8$  rheinländ.

über der Ostsee bei Swinemünde.

#### 4) Länge des Secundenpendels.

Aus den vortrefflichen Beobachtungen von Bessel im Jahre 1835 ist die Länge des Secundenpendels auf dem Grundstücke der neuen Sternwarte ermittelt zu

440,7354 Pariser Lin.

#### 5) Inclination der Magnetnadel.

Mit dem Gambey'schen Instrument der Academie fand sich die Neigung

1836 März 27  $68^o\ 7',4$ .

Alle Beobachtungen seit 1806, der ersten Bestimmung von Humboldt, werden dargestellt durch

1836 Jan. 0  $68^o\ 7' - 3',5$  ( $t - 1836$ ),  
wo  $t$  die Jahreszahl ist.

#### 6) Declination der Magnetnadel.

Das Pistor'sche Instrument der Academie gab für

1836 März 29 0<sup>h</sup>  $17^o\ 2' 18''$

westliche Abweichung. Eine nach Gaußens Methode aufgehängte Nadel gab im Mittel aus je 9 Tagen

Mai 27 0<sup>h</sup>  $17^o\ 4' 32''$

Juni 5 0<sup>h</sup> 3 29

- 14 0<sup>h</sup> 3 5

Im Allgemeinen werden die früheren Erman'schen Bestimmungen damit vereinigt durch

1836 Jan. 0  $17^o\ 4' - 3',8$  ( $t - 1836$ ).

## 7) Magnetische Intensität.

Die Bestimmung dieser Größe muss noch bis zur Aufstellung eines Gaußschen Apparats ausgesetzt bleiben. Quetelet fand 1829 die absolute Intensität in

Göttingen	1,3422
Berlin	1,3440

doch scheinen einige seiner Data nicht sicher genug.

## 8) Mittlere Temperatur.

Aus zwölfjährigen Beobachtungen des Hrn. Dr. Mädler findet sich die mittlere Temperatur von Berlin

$$+7^{\circ},29 \text{ Reaum.},$$

wobei der Gang der monatlichen Temperatur zu verbürgen scheint, dass die Reihe von 12 Jahren lang genug ist, um ein sicheres Resultat zu geben.

## 9) Mittlere Barometerhöhe.

Für das Straßenpflaster unter dem Thorwege der alten Sternwarte gaben 10jährige Beobachtungen des Hrn. Professors Poggendorff, bei  $0^{\circ},0$  Temperatur des Quecksilbers

$$336'',21 \text{ Par. Linien},$$

und 12jährige des Hrn. Dr. Mädler

$$336'',28 \text{ Par. Linien}.$$

Im Mittel

$$336'',25 \text{ Par. Linien},$$

womit die direct ermittelte Höhe über dem Meere, verglichen mit dem gewöhnlich angenommenen mittleren Barometerstande an der Meeresfläche, nahe harmonirt.

**XXV. Versuche über den Durchgang der chemischen Strahlen des Sonnenspectrums durch verschiedene Mittel; von Mrs. Sommerville.**

(Aus einem Briefe an Hrn. Arago. — *Compt. rend.* 1836, T. II p. 473.)

Ich bediente mich zu diesen Versuchen eines vollkommen reinen und weißen Chlorsilbers, welches Hr. Faraday die Gefälligkeit hatte, für mich zu bereiten. Es war im flüssigen Zustande (d. h. war mit Wasser gemengt, ein Brei. *P.*) und ließ sich sehr gleichförmig auf Papier streichen. Wiewohl diese Substanz sehr empfindlich ist für die Wirkung der chemischen Strahlen, so kann doch, da man keine genauen Mittel zur Messung der durch diese Wirkung erzeugten Farbenveränderung besitzt, eine Ungenauigkeit in den Resultaten entspringen, wenn es sich darum handelt, Farbtöne, die sehr wenig verschieden sind, mit einander zu vergleichen. Allein die Resultate, welche ich hier darbiete sind von denen ausgewählt, welche keinen Zweifel übrig lassen.

Ein sehr blaßgrünes, vollkommen durchsichtiges Glas, von wenigstens  $\frac{1}{20}$  Zoll Dicke ließ keinen chemischen Strahl durch. Unter diesem Glase eine halbe Stunde lang dem stärksten Sonnenschein ausgesetzt, zeigte das Chlorsilber nicht die mindeste Farbenveränderung.

Ich habe diese Versuche mit verschiedenen Gläsern von grüner Farbe, aber verschiedener Nüance und verschiedener Dicke wiederholt, sie aber immer beinahe un durchdringlich für die chemischen Strahlen gefunden, selbst wenn sie weit länger dem Sonnenlicht ausgesetzt wurden. Da schon Hr. Melloni gefunden, dass Gläser von dieser Farbe die brechbarsten Wärmestrahlen auf-

fangen, so ist man also zu dem Schluss geführt, dass diese Gläser die Eigenschaft besitzen, den brechbarsten Theil des Sonnenlichts insgesamt zu absorbiren.

Blättchen von sehr dunklem Glimmer sind auch bei nahe undurchdringlich für die chemischen Strahlen; indes, wenn man sie sehr dünn nimmt und der Temperaturwirkung sehr lange aussetzt, sieht man doch, dass sie diese Strahlen nicht vollständig auffangen. Auf einem mit Chlorsilber überzogenem Papierquadrat befestigte ich mit weichem Wachs ein nicht über  $\frac{1}{30}$  Zoll dickes Blättchen blaßgrünen Glimmers vom Vesuv, und setzte das Ganze einem starken Sonnenschein aus. Als ich hernach das Glimmerblättchen abhob, fand ich, dass der von ihm bedeckt gewesene Theil des Papiers nichts von seiner Weisse verloren hatte, während alles übrige dunkelbraun geworden war.

Derselbe Versuch wurde nun mit Blättchen von weißem Glimmer angestellt. Sechs dieser Blättchen, auf einander gelegt, hielten noch nicht die chemischen Strahlen ab, denn schon nach einstündigem Liegen im Sonnenschein war das von ihm bedeckte Chlorsilber braun geworden. Dasselbe Resultat ergab sich mit einem einzigen, aber weit dickerem Blättchen von weißem Glimmer. Diese Substanz scheint also dem Durchgange der Wärmestrahlen fast keinen Widerstand entgegenzusetzen.

Diese Versuche ließen mich ansangs glauben, dass alle grünen Substanzen diese Eigenschaft besäßen, allein bald erkannte ich, dass ich mich in der Verallgemeinerung dieser Resultate übereilt hatte; denn als ich einen grossen Smaragd, von wenigstens 0,35 Zoll Dicke, dessen Grün sehr schön, obwohl nicht sehr dunkel war, denselben Proben aussetzte, ließ er ohne Schwierigkeit die chemischen Strahlen durch. Die Substanz also, welche den Smaragd grün färbt, wirkt nicht auf die chemischen Strahlen, während die Farbstoffe des Glases und des Glimmers es in sehr beträchtlichem Grade thun.

Steinsalz war, wie zu erwarten, im hohen Grade durchdringlich für die chemischen Strahlen. Violettes, mit Mangan gefärbtes Glas, so wie dunkelblaues, wie das der Schalen, in welchen man bei Tische die Finger abwäscht, lassen auch diese Strahlen sehr rasch durch. Das Chlorsilber veränderte sich sehr schnell im Sonnenlicht, ungeachtet es mit einem blauen Glase vom dunkelsten Farbenton und fast einem Viertelzoll Dicke bedeckt war.

Unter den verschiedenen Substanzen, welche ich zu diesen Versuchen genommen, boten mir Steinsalz, weißes, blaues und violettes Glas das Maximum der Durchgänglichkeit für chemische Strahlen dar; wogegen grünes Glas und grüner Glimmer das Minimum zeigten. Andere Körper zeigten diese Eigenschaft in dazwischenliegenden Graden, welche selbst bei fast gleicher Farbe verschiedenen seyn können. So z. B. lässt dunkelrothes Glas nur sehr wenig chemische Strahlen durch, während der eben so tiefrothe Granat sie fast insgesamt durchlässt. Weißer und blauer Topas, blaßblauer Beryll, Cyanit, Schwerthämatit, Amethyst und verschiedene andere Substanzen lassen die chemischen Strahlen mit vieler Leichtigkeit durch; allein gelber Beryll lässt sie so gut wie gar nicht durch, und brauner, wie grüner Turmalin besitzen diese Durchdringlichkeit so wenig, dass mir die angestellten Versuche zur Polarisation der in Rede stehenden Strahlen misslangen, wiewohl ich glaube, dass die Sache nicht unmöglich ist, sobald man dünnere Platten anwendet als ich anwenden konnte. Uebrigens habe ich mir vorgesetzt diese Versuche zu wiederholen<sup>1)</sup>.

1) So neu und dankenswerth die Resultate der Verfasserin in Bezug auf die Verschiedenartigkeit des von gleichgefärbten, aber chemisch verschiedenen Substanzen durchgelassenen Lichts auch sind, so darf doch wohl nicht unerwähnt bleiben, dass Alles, was von den farbigen Gläsern gesagt ist und mehr noch, bereits vom verewigten Seebeck beobachtet worden ist (Göthe's Farbenlehre (1810) Bd. II S. 720.).

**XXVI. Ueber den magnetischen Einfluss des vom Prof. Feldt zu Braunsberg in Ost-Preussen am 7ten Februar 1835 beobachteten Nordlichts.**

---

Die schöne Erscheinung dieses Nordlichts ist in diesen Annalen, Bd. XXXV S. 378, beschrieben. Es hat eine neue Bestätigung des von Arago zuerst aufgestellten Satzes: dass Nordlichter auch da einwirken, wo sie nicht gesehen werden, gegeben. Hr. Professor Feldt schreibt unter dem 3. October an Hrn. Alexander v. Humboldt: »Der 7. Februar ist der Tag von dem Hofrath Gauß in den Schumacher'schen astron. Nachrichten, No. 276 S. 188, über die Variationen der Magnethnadel zu Göttingen folgendes anführt: *Die stärksten Bewegungen, die mir bisher vorgekommen sind, fanden statt am 7. Febr. d. J., wo den ganzen Tag die Nadel überaus unruhig war. Ich beobachtete Bewegungen von 17 Skalentheilen oder 6 Bogenminuten in einer Zeitminute!* Zu derselben Zeit von 6<sup>h</sup> 26' an, Abends, schossen über dem Horizont zu Braunsberg herrlich leuchtende Nordlichtstrahlen empor. Auch zu Angerburg und Pillkallen ward das leuchtende Phänomen beobachtet.«

---

**XXVII. Nachtrag zum Aufsatz über den Versteinerungsproces; von H. R. Göppert.**

---

»Man kann sich von der Existenz dieses Skeletts <sup>1)</sup> bei jeder Pflanze sehr leicht überzeugen, wenn man sie bei einem gewöhnlichen Licht verbrennt und dann die Asche höchst vorsichtig unter das Mikroskop bringt. Leicht

1) S. Bd. XXXVIII S. 562.

wird dann vor dem Zerfallen mehr oder minder deutlich die ehemalige Structur des Vegetabils erkannt. Bei verkohlten sehr dünnen Durchschnitten ist dies ebenfalls möglich. So sieht man z. B. bei Taxus die bekanntlich hier so sehr kleinen Spiralgefäße in diesem Zustande, was ich zu jeder Zeit zu zeigen bereit bin. Es geht hieraus wohl klar hervor, dass es nur an der Unvollkommenheit der Zubereitung liegt, wenn man nicht in jeder anderen Kohle, namentlich Steinkohle, die Structur sieht, worüber ich bald ausführlichere Mittheilungen machen werde.“

An der Stelle, wo von der Verwandlung in Chalcedon die Rede ist (a. a. O. S. 573), ist beizufügen:

„Auch gelang es mir auf ähnliche Weise, indem ich Pflanzen in Kieselfluorwasserstoffssäure legte, nach einiger Zeit einen Ueberzug von Chalcedon zu erhalten, der vollkommen hell und durchsichtig, ähnlich dem Hyolith, war. Ich machte diese Beobachtungen bereits in der Mitte Augusts, und zeigte sie damals mehreren meiner Freunde.“

### XXVIII. Notizen.

1) *Schaden durch eine Feuerkugel und Preisfrage dieserhalb.* — In der Allgemeinen Zeitung las man kürzlich Folgendes: Den 18. Sept. d. J. Vormittags 10 Uhr zerplatzte eine aus der Luft gefallene Feuerkugel auf dem Glockenturm der Kirche von Monte Oliveto<sup>1)</sup>), brach das grosse Gesimse derselben ab, riß das darauf befindliche, 300 Pfund schwere eiserne Kreuz heraus und warf es auf ein nahe liegendes Feld nieder. Nach der Zerplatzung theilte sich die Kugel in mehrere, andere Feuerkugeln, die dann in das Innere der Kirche und des Klosters eindrangen. Man kennt den Schaden noch nicht

1) Zu Florenz.

bestimmt, welchen diese aus der Luft gefallene fürchterliche Erscheinung verursachte, leider erfährt man aber, dass mehrere Klostermitglieder dadurch Verletzungen erlitten.“

Unglücksfälle, wie dieser, durch Feuerkugeln oder Aerolithen angerichtet, gehören, obgleich noch erst das letztverflossene Jahr einen solchen aufzuweisen hatte (siehe Ann. Bd. XXXVI S. 562), im Ganzen zu den Seltenheiten. Es verdient daher wohl ermittelt zu werden, ob die obige Nachricht begründet sey, ob nämlich das beschriebene Ereigniss wirklich stattgefunden habe, und ob es durch eine eigentliche Feuerkugel, nicht etwa bloß durch einen Blitz, herbeigeführt worden. — Professor Benzenberg in Düsseldorf ist erbötig, Demjenigen, der hierüber authentische Auskunft geben kann, ein Exemplar seiner letzten Schrift über die Sternschnuppen als Belohnung zu übersenden!

2) *Dispersion der Gase.* — Auf Veranlassung des neuerlich von Hrn. Cauchy ausgesprochenen Zweifels an der Dispersion der Gase entgegnet Hr. Arago (*Compt. rend.* 1836, II. p. 459), dass diese Eigenschaft bereits von Bouguer (1748), Lemonnier (1761), Dollond (1779), Herschel (1783, 1785, 1805), Lindenau (1812), Stephan Lee (1815) in der Atmosphäre beobachtet, und von ihm selbst an Dämpfen durch Versuche, die in den *Ann. de chim. et de phys. T. I* p. 5, beschrieben worden, außer Zweifel gesetzt worden sey. — Am letztgenannten Orte wird nun freilich gesagt, dass es durch ein besonderes Verfahren gelungen sey, die kaum wahrnehmbare Dispersion der Dämpfe zu messen; allein es scheint nicht, als sey je über die Resultate dieser Messungen und über die dabei angewandten Methoden irgend etwas Detaillirtes bekannt gemacht worden.